UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL

UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL, FACULTÉ DES SCIENCES, INSTITUT DE BIOLOGIE,
LABORATOIRE SOL & VÉGÉTATION

BAS-MARAIS ET PRAIRIES HUMIDES DU HAUT-JURA : RELATIONS SOL-VÉGÉTATION ET ÉVOLUTION

THÈSE PRÉSENTÉE POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

VANESSA RION

VOLUME I : TEXTE

MEMBRES DU JURY

JEAN-MICHEL GOBAT (Professeur, Université de Neuchâtel)	Co-directeur
PASCAL VITTOZ (Maître d'enseignement et de recherche, Université de Lausanne	Co-directeur
FRANÇOIS GILLET (Professeur, Université de Franche-Comté, Besançon)	Examinateur
ELISABETH FELDMEYER-CHRISTE (Docteure, WSL, Zürich)	Examinateur
CHRISTIAN PARISOD (Docteur, Université de Neuchâtel)	Examinateur
JEAN-JACQUES BRUN (Docteur, IRSTEA, Grenoble)	Examinateur

SOUTENUE À NEUCHÂTEL, LE 3 FÉVRIER 2015

UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL

Faculté des sciences
Secrétariat-décanat de Faculté
Rue Emile-Argand 11
2000 Neuchâtel - Suisse
Tél: + 41 (0)32 718 2100
E-mail: secretariat.sciences@unine.ch

IMPRIMATUR POUR THESE DE DOCTORAT

La Faculté des sciences de l'Université de Neuchâtel autorise l'impression de la présente thèse soutenue par

Madame Vanessa RION

Titre:

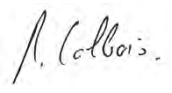
Bas-marais et prairies humides du Haut-Jura : relations sol-végétation et évolution

sur le rapport des membres du jury composé comme suit:

- Prof. Jean-Michel Gobat, Université de Neuchâtel, directeur de thèse
- Dr Pascal Vittoz, co-directeur de thèse, Université de Lausanne
- Dr Christian Parisod, Université de Neuchâtel
- Prof. François Gillet, Université de Franche-Comté, Besançon, France
- Dr Jean-Jacques Brun, IRSTEA , Université de Grenoble, France
- Dr Elisabeth Feldmeyer-Christe, WSL, Birmensdorf, Suisse

Neuchâtel, le 23 février 2015

Le Doyen, Prof. B. Colbois



RESUME

Les marais sont des écosystèmes à grande valeur écologique. Ils abritent une importante diversité de milieux, et contiennent des espèces végétales spécialisées et particulièrement adaptées aux sols temporairement ou partiellement saturés en eau. Depuis quelques années, de nombreuses études ont démontré que les marais subissent actuellement des transformations dans beaucoup de pays, bien qu'ils soient pour la plupart protégés. En effet, la plupart de ces écosystèmes semi-naturels semblent être menacés par les activités humaines, comme les pratiques agricoles (enrichissement en nutriments, abandon de la fauche ou de la pâture), mais également par les changements climatiques. Ces facteurs ont un impact négatif sur l'écologie, le fonctionnement et la qualité de ces écosystèmes, altérant les conditions hydrologiques et provoquant par conséquent de profondes transformations dans les communautés végétales, avec par exemple la disparition de nombreuses espèces spécialistes typiques de ces écosystèmes.

Dans cette recherche, il a été question d'étudier l'évolution, sur une durée d'environ 40 ans (1974 – 2012), de quelques milieux végétaux présents dans une zone particulière du Jura, plus précisément à la Vallée de Joux (Suisse, canton de Vaud) et à Chapelle-des-Bois (France, départements du Jura et du Doubs). Une partie de cette recherche (approche diachronique) a pour objectif de détecter d'éventuels changements floristiques dans cinq types de milieux représentant des bas-marais et des prairies marécageuses (*Caricion fuscae*, *Caricion davallianae*, *Calthion*, *Filipendulion* et *Molinion*). Pour cela, 110 relevés phytosociologiques faits entre 1974 et 1988 par Jean-Daniel Gallandat sont relocalisés sur le terrain et revisités en 2012 et 2013 (surface hétérogène mais identique entre chaque paire d'« ancien-nouveau » relevés), puis comparés. Puis, dans un deuxième temps, les causes de ces changements sont estimées d'une part grâce aux valeurs indicatrices de Landolt, puis, fait nouveau dans ces milieux humides, par l'utilisation des conditions édaphiques et notamment des formes d'humus. Comme ces dernières n'ont jamais été décrites auparavant dans les sites d'étude, cette étude des formes d'humus a été complétée, aux mêmes emplacements, par l'étude des sols et de la végétation actuels (sur une surface identique de 25 m^2) ceci afin d'avoir une caractérisation ou un aperçu actuel des différents milieux végétaux inventoriés avec leurs sols et leurs formes d'humus (approche synchronique).

L'approche synchronique a permis d'identifier actuellement plusieurs communautés végétales présentes parfois sur plusieurs types de sols ou de formes d'humus différents. De plus, cette étude simultanée de plusieurs paramètres a permis d'obtenir une meilleure compréhension du fonctionnement et de l'écologie actuels de ces milieux. Ces milieux sont complètement dépendants de la présence et de la chimie de l'eau (taux de carbonates et taux en nutriments notamment), mais également de la présence de bétail. Cette approche a également permis d'émettre des hypothèses sur la stabilité actuelle de ces milieux mais aussi sur les potentiels changements de dynamique du milieu grâce aux listes floristiques ainsi qu'aux séquences d'horizons des formes d'humus. Des changements de végétation semblent être inévitables dans le futur si les conditions environnementales et anthropiques actuelles des sites prospectés restent les mêmes.

La comparaison des 110 anciens relevés effectués entre 1974 et 1988 avec les nouveaux relevés de 2012 et 2013 a permis de détecter des changements de végétation et de diversité spécifique dans les milieux humides prospectés, que cela soit au niveau des bas-marais, des prairies humides oligotrophes *à Molinia caerulea* ou des prairies humides plus eutrophes. L'utilisation simultanée des valeurs indicatrices de Landolt et des formes d'humus a permis de suggérer que ces différents milieux humides sont particulièrement menacés par une eutrophisation. Cette eutrophisation peut être due à un ensemble de sources différentes qui s'additionnent les unes aux autres et dont il est difficile d'identifier exactement la part de responsabilité. 1) Les changements de pratiques agricoles, avec notamment l'arrêt de la fauche et de la pâture, provoquent d'une part une prolifération des ligneux, et d'autre part, par l'accumulation de litière, une baisse de la lumière au niveau de sol ainsi qu'une augmentation de nutriments disponibles dans le milieu. 2) L'apport de nutriments peut également provenir par ruissellement des pâturages situés aux alentours des milieux humides prospectés. Cet apport sera d'autant plus important si l'utilisation de ces pâturages s'effectue plus intensivement. 3) L'apport d'azote provenant des dépôts atmosphériques a vraisemblablement également une part de responsabilité dans cette eutrophisation générale, comme cela l'a été suggéré dans plusieurs autres études. 4) Comme supposé par les formes d'humus, cette eutrophisation semble également provenir d'un assèchement, et semble toucher quelques marais uniquement. Ainsi, en période sèche, la minéralisation est accrue ce qui augmente le taux de nutriments disponibles ensuite pour les plantes. L'origine exacte de cet assèchement n'a pas pu être établie. Cependant, il semble que cet assèchement soit la conséquence d'une évapotranspitation augmentée résultant d'un abandon des pratiques agricoles (fauche et pâture). De plus, la présence de nombreux canaux de drainage particulièrement sur les sites de la Vallée de Joux semble également jouer un rôle dans cet assèchement, renforçant ainsi les effets induits par les changements de pratiques agricoles.

Cette thèse semble avoir permis de démontrer que les milieux étudiés, même s'ils sont protégés par des mesures, des lois ou des directives, ont subi et subissent encore actuellement de nombreuses dégradations qui, d'une part, altèrent la qualité, la biodiversité et le fonctionnement de ces milieux, et qui, d'autre part, ont un fort impact fonctionnel et visuel sur le paysage des montagnes jurassiennes. De nouvelles mesures de gestion sont donc nécessaires pour enrayer ou limiter ces modifications et maintenir au mieux ces milieux ainsi que leur fonctionnement. Ces nouvelles mesures devront impérativement concerner tous les paramètres nécessaires à la survie de ces milieux et possibles à modifier, comme la présence et la chimie de l'eau (taux en nutriments notamment) et la ré-introduction et le contrôle de pratiques agricoles extensives (fauche et pâture).

Mots-clés : marais, végétation, sols, formes d'humus, changements floristiques, pratiques agricoles, assèchement, eutrophisation.

SUMMARY

Wetlands are ecosystems of high conservation value. They are a great source of vegetation types and biodiversity and contain plant species specialized and adapted to permanently or temporary water-saturated soils. In order to maintain their species richness and their quality, these fragile ecosystems must be conserved.
However, several studies have demonstrated that some wetlands decreased in surface and in quality in many parts of the world since several years, although these biotopes are managed and protected by laws. Most of them are threatened by various factors linked to climate change and surrounding human activities, such as nutrient enrichment, desiccation and land-use changes. These factors have a negative impact on the ecology, the functioning and the quality of these wet ecosystems, altering the hydrological conditions and causing consequently dramatic transformations of the plant communities and a loss of many specialist species.

In this project, the principal purpose was to study the evolutionary dynamic on a temporal scale of 40 years (1974 – 2012) of some types of wetlands in a particular part of the Jura Mountains, and more precisely in the Vallée de Joux (Switzerland, canton of Vaud), and in Chapelle-des-Bois (France, Jura and Doubs departments). A part of this research (diachronic approach) was consecrated to the detection of possible vegetation changes in five types of wetlands (*Caricion fuscae*, *Caricion davallianae*, *Calthion*, *Filipendulion*, *Molinion*). For this, 110 former phytosociological relevés made between 1974 and 1988 by Jean-Daniel Gallandat were relocated, resurveyed in 2012 and 2013 (heterogeneous surface, but identical between each pair of « old – new » relevés) and compared. Then, the causes of these observed vegetation changes were estimated by, firstly, using Landolt values, and secondly, as it is the originality of this study, by using edaphic conditions and particularly by humus forms. As these humus forms have not yet be described in the study area, this humus forms study were completed in same plots by present soils and vegetation descriptions (identical surface of de 25 m^2) in order to have a description or a current overview of vegetation, soils and humus forms present in the sampled study sites (synchronic approach).

The synchronical approach has enabled to identify at the moment many vegetal communities that are often characterized by different types of soils and humus forms. This part has also enabled to have a better understanding of the current functioning and the ecology of these environments. These biotopes are completely dependant on water presence and quality (especially carbonates and nutrients), but also by livestock. This approach has also enabled to make suppositions about the stability and the conservation's state of these ecosystems, but also on potential dynamic's changes thanks to floristic lists and horizons successions of humus forms. Some vegetation changes seem to be inevitable if the current environmental and anthropogenic conditions of the study sites are the same.

The comparison of the 110 former relevés with the new ones has enabled to detect many vegetation changes and species diversity in the study wetlands alliances, including fens, oligotrophic wet meadows as *Molinion* and eutrophic wet meadows. The simultaneous uses of Landolt values and humus forms have enabled to propose that these different wetlands are threatened by eutrophication. This input of nutrients can be due to a set of different added sources that are very difficult to detect one by one. 1) Changes in agricultural practices, with mowing or pasturing abandonment, cause on one hand, the development of woody species, and on the other by litter accumulation, a decrease of the aboveground light and consequently an increase of released nutrients. 2) The nutrient inputs can also result from the streaming coming from the surrounding pastures. These inputs will be more important if the use of these pastures is carried out more intensively. 3) Nutrients coming from atmospheric deposits have certainly also a responsibility in this general eutrophication as it was already suggested by other studies. 4) As supposed by humus forms, eutrophication can also come from a drying up. Thus, in dry period, the mineralization of the organical matter is increased, which causes an increase of the rate of nutrients available for the plants. This draining seems to concern only a few wetlands in the study area. The exact origin of these drying up could not be established in this study. However, it seems that it is the consequence of an increased evapotranspiration causing by an abandonment of agricultural practises (mowing and pasturing). Furthermore, the presence of artificial drains particularly in both sites of the Vallée de Joux could also play a role in this drying up, accentuating the effects induced by land-use changes.

This thesis demonstrated that the study wetlands, even that they are protected by measures or laws have been and are always suffering from numerous modifications that degrade the quality, the biodiversity and the functioning of these ecosystems. Furthermore, these degradations have a great functional and visual impact on the Jura Mountains landscape. New management measures are necessary to stop or reduce these modifications and to maintain these wetlands. These measures should absolutely concern all possible parameters necessary to the survival of these wetlands, as the presence and quality of water (nutrients rates notably) and the reintroduction and the control of agricultural extensive practices (mowing and/or pasturing).

Keywords: wetlands, vegetation, soils, humus forms, vegetation changes, agricultural practices, drying up, eutrophication.

SOMMAIRE

Avant-propos et organisation du travail ..... **i**

Remerciements ..... **iii**

Table des figures ..... **v**

Liste des tableaux ..... **xv**

1 Introduction générale **1**

1.1 Les zones humides **3**

1.1.1 Définitions et fonctionnements 3
1.1.2 Quelques types de zones humides 4
Les hauts-marais 4
Les marais de transition 9
Les bas-marais 9
Les prairies humides 10
Les roselières et magnocariçaies 11
1.1.3 Sols et formes d'humus des zones humides 11
Sols 11
Formes d'humus 12

1.2 Contexte de l'étude **15**

1.2.1 Disparition et dégradation avérées des bas-marais et des hauts-marais dans le monde et en Suisse 15
1.2.2 Importance des études synchroniques et diachroniques dans la caractérisation de milieux et dans l'identification des changements dans un écosystème 17
1.2.3 Dynamique de la végétation dans les marais 18
1.2.4 La thèse de Jean-Daniel Gallandat comme base du présent travail 20
1.2.5 Les formes d'humus et leur utilité dans la détection des causes des changements de végétation dans les marais 20

1.3. Objectifs de la thèse **22**

2 Méthodes **25**

2.1 Cadre de l'étude : sites étudiés **27**

2.1.1 Vallée de Joux (Suisse, VD) 29
Situation 29
Climat 30
Géologie, géomorphologie et hydrologie 30
Végétation 32
Histoire et activités humaines 34
2.1.2 Chapelle-des-Bois (France, Doubs et Jura) 35
Situation 35
Climat 36
Géologie, géomorphologie et hydrologie 36
Végétation 37
Histoire et activités humaines 37

2.2 Méthodes de sélection et de relocalisation des anciens relevés de Jean-Daniel Gallandat **37**

2.2.1 Choix de la thèse et des relevés de Jean-Daniel Gallandat, et des sites étudiés 37
2.2.2 Choix des types de végétation (ou alliances) sélectionnés 38
2.2.3 Sélection des anciens relevés 38
2.2.4 Relocalisation des anciens relevés sur le terrain 39

2.3. Inventaires floristiques (effectués en 2012-2013) **39**

2.3.1 Ré-échantillonnage des anciens relevés de végétation sur le terrain 39
2.3.2 Transformation des données de végétation avant les analyses statistiques 40
2.3.3 Méthode de rattachement phytosociologique des relevés 40
2.3.4 Calcul des valeurs indicatrices de Landolt 41

2.4. Méthodes de description des sols et des formes d'humus sur le terrain **42**

2.3.1 Description des sols 43
2.3.2 Description des formes d'humus 43

3 Descriptions de la végétation, des sols et des formes d'humus (approche synchronique) 45

3.1 Description de la végétation 47

3.1.1 Introduction 47
3.1.2 Matériel et méthodes 47
Sites étudiés 47
Acquisition des données 48
Transformation des données 49
Analyses statistiques 49
Groupement 49
Ordination (ACP) 49
Valeurs indicatrices par groupe 49
Espèces différentielles et tableaux de végétation 49
Rattachement phytosociologique des relevés et des groupes 50
Richesse spécifique 50
3.1.3 Résultats 50
Flore 50
Types de végétation (groupement et ACP) 50
Descriptions des groupes 54
Richesse spécifique 59
Synthèse 59
3.1.4 Discussion 67
Molinion caerulea W. KOCH 1926 67
Trollio-Molinietum GUINOCHET 1955 *caricetosum sempervirentis* GALLANDAT 1982 67
Trollio-Molinietum GUINOCHET 1955 *silaetosum* GALLANDAT 1982, variante à *Sesleria caerulea* 69
Filipendulion ulmariae SEG. 1966 70
Aconito-Filipenduletum GALLANDAT 1982 71
Aconito-Chaerophylletum GALLANDAT 1982 74
Calthion palustris TÜXEN. 1937 74
Trollio-Cirsietum OBERD. 1957 75
Cirsio-Juncetum effusi GALLANDAT 1982 76
Groupement à *Juncus inflexus* GALLANDAT 1982 77
Groupement à *Gylceria plicata* et *Juncus alpinoarticulatus* GALLANDAT 1982 77
Caricion davallianae KLIKA. 1934 78
Primulo-Schoenetum OBERD. 1957 79
Caricetum davallianae DUTOIT 1924 80
Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum* GALLANDAT 1982 82
Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartsia alpina* GALLANDAT 1982 83
Caricion fuscae W. KOCH 1926 83
Caricetum fuscae BRAUN-BLANQUET 1915 84
Rhynchosporion W. KOCH 1926 86
Rhynchosporetum albae W. KOCH 1926 86
Magnocaricion W. KOCH 1926 86
Caricetum rostratae RÜB 1912 87
Caricetum acutoformis EGGLER 1933 87
Alliarion OBERD. 1957 88
Groupement à *Galeopsis tetrahit* et graminées 88
3.1.5 Synthèse et points soulevés par cette étude 88
Résumé des milieux présents 88
Diversité et spécificités des sites d'étude en types de végétation 89
Méthode de groupement 90
Modifications de végétation 91
3.1.6 Conclusion 91

3.2 Description des sols 93

3.2.1 Introduction 93
3.2.2 Matériel et méthodes 94
Sites étudiés 94
Acquisition des données 95
Analyses de laboratoire 96
Nomenclature des sols 97
Analyses statistiques 97
3.2.3 Résultats 99
Types de sol (groupement) 99
Descriptions des groupes 103
Synthèse 114
3.2.4 Discussion 119
REDUCTISOLS TYPIQUES et REDUCTISOLS STAGNIQUES 119
RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizons A et/ou G humifères 119
RÉDUCTISOL TYPIQUE issu de craie lacustre 121
RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique 122
RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon saprique de profondeur 122

RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique et RÉDUCTISOL TYPIQUE surrédoxique....123
RÉDUCTISOL TYPIQUE....124
RÉDUCTISOL STAGNIQUE / RÉDUCTISOL STAGNIQUE leptique....124
REDOXISOLS....125
RÉDOXISOL réductique....125
RÉDOXISOL surrédoxique....126
RÉDOXISOL épihistique....127
RÉDOXISOL multi-alluvio-colluvial....129
RÉDOXISOL multi-fluvique....129
RÉDOXISOL leptique....130
Autres RÉDOXISOLS....130
HISTOSOLS....131
HISTOSOL FIBRIQUE....132
HISTOSOL MÉSIQUE....134
HISTOSOL SAPRIQUE....136
CALCOSOLS et CALCISOLS....137
CALCOSOL haplique....137
CALCISOL décarbonatés en surface....137
CALCISOL haplique....138
Cas particuliers I : les sols superposés....138
RÉDUCTISOL TYPIQUE superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE....138
RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE....139
HISTOSOL MÉSIQUE superposé à un RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique....139
RÉDOXISOL à horizons A et g humifères superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE....140
Cas particuliers II : les doubles rattachements....140
CALCOSOL-RÉDOXISOL....140
RENDOSOL-RÉDOXISOL....141
RENDISOL-RÉDOXISOL....141
3.2.5 Synthèse et points soulevés par cette étude....141
Résumé des sols présents....141
Facteurs écologiques et diversité des sols dans les sites étudiés....143
3.1.6 Conclusion....146
3.3 Description des formes d'humus....147
3.3.1 Introduction....147
3.3.2 Matériel et méthodes....149
Sites étudiés....149
Acquisition des données....149
Analyses de laboratoire....151
Nomenclature des formes d'humus....153
Analyses statistiques....153
3.3.3 Résultats....154
Types de formes d'humus (groupement)....154
Descriptions des groupes....158
Synthèse....166
3.3.4 Discussion....171
Formes d'humus observées dans les sites d'étude selon ZANELLA *et al.* (2011) et JABIOL *et al.* (2013) : types et fonctionnement....171
TERROFORMES (TERROFORMS)....172
HYDROFORMES (*Stagnic* TERROFORMS)....173
HYDROFORMES à tendance TERROFORMES (*Stagnic* TERROFORMS (*Drying up at the surface*))....174
HISTOFORMES (HISTOFORMS)....177
EPIHISTOFORMES (*Epihistic* HISTOFORMS)....185
Les formes d'humus superposées....185
Suggestions de modifications à apporter aux deux clés de détermination....188
3.3.5 Synthèse et points soulevés par cette étude....190
Résumé des formes d'humus présentes....190
Facteurs écologiques et diversité des formes d'humus dans les sites étudiés....192
Utilité des formes d'humus dans la détection de zones en changement ou modifiées....195
Modifications nécessaires dans les clés de détermination actuelles....197
3.3.6 Conclusion....197
3.4 Relations entre la végétation, les sols et les formes d'humus....199
3.4.1 Introduction....199
3.4.2 Matériel et méthodes....200
Sites étudiés....200
Acquisition des données....201
Végétation....201
Sols et formes d'humus....204
Analyses statistiques....204
Analyse de redondance (RDA)....205
Barplots cumulés....206
3.4.3 Résultats....206
Résultats globaux....206

Résultats par alliance....209
Molinion....209
Calthion....209
Rhynchosporion....210
Alliarion....210
Magnocaricion....210
Caricion fuscae....210
Filipendulion....211
Caricion davallianae....213
3.4.4 Discussion....214
Bas-marais (*Caricion fuscae* et *Caricion davallianae*)....214
Bas-marais acidophiles (*Caricion fuscae*)....215
Bas-marais alcalins ou neutres (*Caricion davallianae*)....217
Marais de transition (*Rhynchosporion*)....221
Prairies à humidité variable (*Molinion*)....221
Prairies humides (*Calthion*)....224
Mégaphorbiaies humides (*Filipendulion*)....228
Marais à grandes laîches (*Magnocaricion*)....233
Ourlets nitrophiles humides (*Alliarion*)....235
3.4.5 Points soulevés par cette étude....236
Importance du régime hydrique et de la chimie de l'eau sur le développement et la répartition des milieux....236
Mosaïque détectée et importance du bétail....237
Etat de conservation des écosystèmes humides....237
3.4.6 Conclusion....238

4 Changements de végétation – utilisation des formes d'humus dans la détection des causes de ces changements (approche diachronique)....239

4.1 Recent changes in plant composition of Jura Mountains wetlands....241
4.1.1 Introduction....241
4.1.2 Material and methods....242
Study sites....242
Vegetation monitoring....242
Selection and relocalization of former relevés....242
Resurvey of the former relevés....243
Statistical analyses....243
Data transformations....243
Global vegetation changes....243
Attribution of phytosociological names....243
Vegetation changes by alliances....244
Indicators of vegetation changes....244
4.1.3 Results....244
4.1.4 Discussion....247
Vegetation and species compostion changes patterns....247
Possible causes of vegetation changes....248
4.1.5 Conclusion....249
4.2 Causes of vegetation changes: focus on humus forms....251
4.2.1 Introduction....251
4.2.2 Material and methods....251
Study sites....251
Data acquisition....252
Selection and relocalization of former relevés....252
Resurvey of the former relevés: vegetation and humus forms data....252
Statistical analyses....253
4.2.3 Results....253
Vegetation changes, humus forms REFERENCES and horizons successions....253
Vegetation changes....253
Humus forms REFERENCES and horizons sucessions....254
Relations between the vegetation dynamics and the humus forms (humus forms REFERENCES and horizons sucessions)....257
Globally....257
By alliances....258
4.2.4 Discussion....264
Detection of vegetation changes with humus forms....264
Potential explanations of vegetation dynamic in each alliance by using humus forms....267
4.2.5 Synthesis....271
4.2.6 Conclusion....272

5 Discussion générale, limites et perspectives....273

5.1 Discussion générale....275

5.1.1 Description actuelle des milieux humides présents dans l'ensemble des sites étudiés (approche synchronique).....275
Sols 275
Formes d'humus 275
Végétation : écologie (conditions actuelles), liens avec formes d'humus et sols, et menaces.....276
5.1.2 Evolution et dynamique des milieux humides (approche diachronique).....284
Résumé des causes des changements 289
5.1.3 La notion de temporalité dans cette étude.....293
5.1.4 Pertinence de l'utilisation des formes d'humus comme indicateurs des causes des changements 294
5.1.5 Interférence ou complémentarité de l'utilisation des approches synchronique (par les formes d'humus) et diachronique (par les valeurs indicatrices de Landolt) dans la détection des changements de végétation 296
5.1.6 Importance du bétail pour les marais.....297
5.1.7 Perspectives de conservation et de maintien des zones humides étudiées.....297
5.2 Limites et perspectives 300

6 Conclusion 303

7 Références bibliographiques.....307

AVANT-PROPOS ET ORGANISATION DU MANUSCRIT

De par leur géologie et leur formation particulière due au plissement, les montagnes jurassiennes contiennent une très importante diversité d'écosystèmes, avec par exemple de nombreux types forestiers, des pâturages boisés, des prairies, des pâturages, mais aussi des milieux humides comme les tourbières. Plusieurs études ont été effectuées dans ces milieux, et notamment le récent travail de thèse de Leslie Mauchamp de l'Université de Besançon qui s'est intéressé à la biodiversité des écosystèmes prairiaux présents dans la partie française, ainsi qu'à leur lien actuel et passé avec les pratiques agricoles et à leur dynamique sur plusieurs années (MAUCHAMP, 2014).
Du côté des milieux humides, et plus spécifiquement des tourbières, ces dernières ont, depuis la fin du XVIII^{ème} siècle, malheureusement subi de graves dommages ainsi qu'une perte considérable de leur surface et de leur biodiversité, que cela soit dans le Jura suisse, dans le Jura français ou même dans d'autres parties du monde (GRÜNIG, 1994 ; FOJT & HARDING, 1995 ; GROOTJANS *et al.*, 2005 ; GUNNARSSON & FLODIN, 2007 ; GUYONNEAU, 2010). Dans le Jura français, ces écosystèmes particuliers ont été largement étudiés, avec notamment plusieurs travaux effectués par le Conservatoire botanique de Franche-Comté dans et à proximité du bassin du Drugeon. Du côté du Jura suisse, les tourbières et marais que ces lieux contiennent sont assez bien connues au niveau de la végétation (GALLANDAT, 1982 ; GOBAT, 1984 ; FELDMEYER-CHRISTE, 1990 ; MAIRE, 2013), mais pas en ce qui concerne leurs sols et leurs formes d'humus. En effet, ces derniers n'ont été que très peu étudiés (GALLANDAT, 1982 ; GOBAT, 1984 ; CARRERA & BRODARD, 2014).

C'est dans ce contexte de changement de végétation dans les marais que s'insère ce travail. Ainsi, cette thèse est fondée sur l'utilisation d'anciens relevés sélectionnés et relocalisés provenant de GALLANDAT (1982). Ce dernier a en effet effectué, dans quelques endroits du Haut-Jura, de nombreux relevés phytosociologiques dont les emplacements ont été retrouvés durant ce travail sur le terrain selon les nombreuses indications de l'auteur. Puis, à l'emplacement de chacun de ces anciens relevés, de nouveaux relevés ont été effectués de façon différente (notamment en terme de surface et d'utilisation de l'échelle de dominance de BRAUN-BLANQUET (1964)), puis utilisés de façon différente en fonction des deux approches utilisées dans cette thèse :

- Approche diachronique **: le but de cette approche est de détecter les changements potentiels de végétation apparus dans les régions étudiées entre 1974 et 2012, et d'en identifier les causes en utilisant premièrement les valeurs indicatrices de LANDOLT *et al.* (2010) (comme cela a été fait dans de nombreuses études) et deuxièmement en utilisant les formes d'humus issues de l'approche synchronique.** Dans cette approche, de nouveaux relevés sont effectués aux mêmes emplacements et selon les mêmes méthodes que celles utilisées par GALLANDAT (1982) : les nouveaux relevés phytosociologiques ont ainsi les mêmes surfaces que les anciens relevés et la même échelle de dominance est utilisée. Des paires d'anciens et de nouveaux relevés sont donc obtenues. L'utilisation des formes d'humus dans cette partie présente l'originalité de cette approche, car aucune étude n'a pour l'instant tenté d'expliquer l'évolution de la végétation des milieux humides en utilisant les premières couches du sol reflétant l'évolution de la matière organique.
- Approche synchronique : **cette approche a pour objectif d'améliorer les connaissances au niveau de la végétation, des sols et des formes d'humus dans des milieux humides présents dans deux régions des montagnes jurassiennes, à savoir la Vallée de Joux (Suisse) et la combe de Chapelle-des-Bois (France). Elle permet également de comprendre les relations existant entre ces trois compartiments de l'écosystème.** Ainsi, seul l'emplacement des anciens relevés est déterminant. En effet, il s'agit d'effectuer des descriptions actuelles de la végétation (carrés possédant une surface fixe de 25 m^2), des sols et des formes d'humus aux emplacements des anciens relevés de GALLANDAT (1982) sélectionnés. Les formes d'humus sont ensuite utilisées dans l'approche diachronique présentée ci-dessus afin de tenter d'expliquer les causes des changements de végétation observés.

Ce manuscrit comporte sept chapitres et est organisé comme suit :

Le premier chapitre comporte une introduction générale sur les zones humides, avec la présentation théorique de quelques milieux ainsi que des sols et des formes d'humus hydromorphes. Le contexte de la recherche est ensuite exposé, suivi des différents objectifs et hypothèses.

Le deuxième chapitre expose dans un premier temps le cadre de l'étude, avec la présentation des deux régions étudiées et de leurs caractéristiques (climat, géologie, géomorphologie, diversité végétale et animale, et activités humaines). Suit ensuite une description des méthodes utilisées pour la sélection et la relocalisation sur le terrain des anciens relevés de (GALLANDAT, 1982). Les méthodes de description des sols et des formes d'humus sont également présentées.

Le troisième chapitre concerne uniquement l'approche synchronique, avec l'étude ou description actuelles de la végétation (section 3.1), des sols (section 3.2) et des formes d'humus (section 3.3). Des correspondances entre la

végétation et les sols ainsi qu'entre la végétation et les formes d'humus sont également étudiées (section 3.4). De manière générale, ce grand chapitre correspond à l'étude de la structure et de l'agencement des habitats actuellement présents dans l'ensemble des sites étudiés. Ce chapitre a été volontairement placé avant le chapitre principal de cette thèse (chapitre 4), ceci afin d'avoir une présentation complète des formes d'humus avant que ces dernières soient reprises dans le chapitre suivant (chapitre 4). Il fera probablement l'objet de plusieurs articles descriptifs à paraître dans le *Bulletin de la Société vaudoise des Sciences naturelles* (SVSN). De plus, les sections 3.3 sur les formes d'humus et 3.4 sur les relations entre ces trois compartiments seront soumises à des journaux scientifiques (probablement *Geoderma* pour 3.3 et *Ecological Applications* pour 3.4).

Le quatrième chapitre concerne l'approche diachronique et retrace l'évolution de quelques alliances végétales depuis 40 ans (1974 – 2012). Les causes des changements de végétation observés sont ensuite identifiées grâce à l'utilisation des valeurs indicatrices de LANDOLT *et al.* (2010) (section 4.1) et grâce à l'utilisation des formes d'humus décrites dans la section 3.3 (section 4.2). Il est prévu de soumettre la section 4.1 au journal scientifique *Applied Vegetation Science.* Par ailleurs, elle a fait l'objet d'une présentation orale lors du colloque ECOVEG 9 à Tours en 2012. La section 4.2 sera également soumise à un journal scientifique international, mêlant les aspects d'écologie et de pédologie (par exemple, *Geoderma*).

Le cinquième chapitre propose une synthèse ainsi qu'une discussion générale, tout en reprenant en compte les objectifs et hypothèses. Puis les limites et perspectives de la recherche sont exposées.

Finalement, le sixième chapitre propose une conclusion générale. Les références bibliographiques sont présentées dans le chapitre 7.

Remarques générales :

En vue des futurs articles, toutes les sections voire paragraphes ont été conçus de façon à être les plus indépendants possible dans leur structure et dans leur compréhension. Par ailleurs, j'ai tenu à faire le lien le plus direct, chaque fois que cela était nécessaire, entre certains points d'interprétation et les faits qui les concernent. De même, pour les photos : j'ai tenus à ce qu'elles soient à chaque fois près du texte qu'elles appuient. Ceci fait que des informations et des photos sont présentes parfois dans chaque section. Ainsi, des redondances sont inévitables !

Le chapitre 3 est volontairement plus long, plus complet et peut-être plus répétitif que les autres chapitres, ceci car l'objectif des ses sections était de bien exposer chaque type de végétation, chaque type de sols et de formes d'humus présentes dans l'ensemble des sites étudiés. Cela permet d'avoir un aperçu complet de la diversité ainsi que du fonctionnement de ces trois compartiments de l'écosystème en conditions humides.

Tous les schémas et photos et illustrant cette thèse ont été réalisés par l'auteur, sauf mention contraire.

Le terme « relevé(s) » se rapporte à des relevés phytosociologiques (étude de la végétation), alors que les termes « sondage(s) pédologiques(s) » ou « sondage(s) » ou « profil(s) » se rapportent à l'étude des sols et des formes d'humus. Ils possèdent tous les nom ou numéro donné par GALLANDAT dans les années 70. Le terme « relevé(s)/profil(s) » a été employé dans les sections 3.4 et 4.2 et signifie à la fois la végétation ainsi que le sol/forme d'humus. La numérotation des différents profils ou sondages pédologiques dans l'ensemble de cette recherche est la même que celle utilisée pour la végétation et est basée sur la numérotation donnée par GALLANDAT.

Concernant les règles de nomenclature des sols, dans le *Référentiel Pédologique*, les noms de RÉFÉRENCES (qui correspondent à un niveau taxonomique précis) s'écrivent en PETITES CAPITALES ; les noms de groupes de RÉFÉRENCES s'écrivent en minuscules (BAIZE & GIRARD, 2009). La référence de la WRB (IUSS WORKING GROUP WRB, 2006) a également été ajoutée pour chaque sondage pédologique, avec également quelques qualificatifs. Cependant, cette référence n'est pas utilisée dans cette thèse : elle figure uniquement à titre indicatif dans les Annexes A.5.

Pour les formes d'humus, il existe actuellement deux clés de classification publiées et internationales (ZANELLA *et al*., 2011 ; JABIOL *et al*., 2013). Ainsi, à chaque forme d'humus, deux références ont été attribuées et figurent dans les Annexes A.5, B.13, B.14, C.4 et C.6. Par contre, dans les différents chapitres et sections, la nomenclature principale utilisée est celle de ZANELLA *et al*. (2011), car elle très complète et très détaillée notamment sur le fonctionnement de chaque forme d'humus. La nomenclature selon JABIOL *et al.* (2013) est parfois donnée à titre indicatif dans ces différents chapitres et sections : elle figure entre parenthèses après la nomenclature de ZANELLA *et al*. (2011). Les références de formes d'humus provenant de ces deux clés sont écrites en PETITES CAPITALES.

REMERCIEMENTS

J’aimerais tout d’abord remercier Jean-Michel Gobat et Pascal Vittoz, mes co-directeurs, de m’avoir proposé ce projet de recherche et de m’avoir fait confiance. Merci pour leur soutien, leur disponibilité sans failles et leurs conseils si précieux ! Merci également pour la grande liberté de travail qu’ils m’ont accordée durant cette thèse !

Un grand merci à Claire Le Bayon pour son aide, sa bonne humeur, son soutien et son écoute, que cela soit sur le terrain, en laboratoire ou même durant les jours où le moral était moins bon. Les formes d’humus n’ont plus de secret pour nous, maintenant ! Un énorme merci également à Jean-Daniel Gallandat (et sa famille, merci pour votre accueil à la Norgère et pour la découverte de ce « beau pays provençal »), pour ses précieux conseils et son aide inestimable dans la relocalisation de ses anciens relevés !

Je remercie aussi Géraldine Bullinger-Weber, Radu Slobodeanu, Matthieu Mulot, Christophe Seppey et François Gillet pour leur précieux conseils et aides en statistiques. Merci à Elisabeth Feldmeyer-Christe pour les magnifiques anciennes photos aériennes de la Vallée de Joux, et à Roxane Kohler et Andrej Al-Dourobi pour leur grande aide dans les analyses de laboratoire. Merci à toute l’équipe du Laboratoire Sol & Végétation, qui se renouvelle sans cesse, et sans qui les journées de bureau auraient été bien tristes ! Je remercie également les collaborateurs du bureau d’écologie Alain Maibach SA, Mme Bernadette Droz du Service des forêts de la faune et de la nature du canton de Vaud, ainsi que MM. Marc-André Silva et Daniel Gétaz (Inspecteurs des forêts du canton de Vaud), pour leurs conseils et aide ainsi que l’envoi des différents documents, photos ou fichiers. Je remercie aussi les différents propriétaires, agriculteurs et autres qui m’ont laissé prospecté, étudié et faire « quelques petits trous » dans leurs parcelles. Un grand merci aussi à Mme Geneviève Magnon de la Communauté des communes de Frasne-Drugeon, à M. Julien Guyonneau du Conservatoire Botanique National de Franche-Comté ainsi qu’à Pierre Durlet du Parc Naturel régional du Haut-Jura, pour leur aide, conseils et documents.

Un grand merci à mes amis qui m’ont toujours soutenue, encouragée et écoutée, et même accompagnée sur le terrain. Je tiens également à remercier Nadia Brodard ainsi qu’Emilie Carrera, mes deux anciennes masterantes, qui ont été d’une disponibilité sans faille, sur le terrain pour la description des sols et des formes d’humus, dans notre cher bureau ou dans la vie en générale ! Merci pour leur écoute, leur amitié et leur bonne humeur. Merci pour les grands moments de rigolade et ces grands instants de bonheur ! Que cela fait du bien ! Merci également à Virginie Flury, Sophie Giriens et Solène Guenat pour leur aide sur terrain ainsi que leur bonne humeur et leur grande motivation !

Sans oublier, bien sûr, ma famille, en particulier mes parents et ma sœur, qui durant ces trois années, m’ont fait confiance, rassurée, apaisée dans mes moments de doutes et de stress, et même m’ont parfois subie ! Merci à eux de n’avoir pas hésité à venir découvrir la Vallée de Joux et la région de Chapelle-des-Bois durant leurs vacances (été comme hiver, que c’était beau !), et à m’aider sur le terrain et se salir les mains ! Merci pour tout ce qu’ils ont fait pour moi durant toutes ces longues années d’étude !

TABLE DES FIGURES

Figure 1.1 : Situation théorique des zones humides, modifiée de MITSCH & GOSSELINK (2007). 4
Figure 1.2 : Coupe transversale modifiée de GALLANDAT (1982) et de GRÜNIG (1994) à travers le synclinal de la Vallée de Joux, au niveau de la tourbière de La Burtignière et représentant un transect de végétation du site selon le synsystème de GALLANDAT (1982). 5
Figure 1.3 : Schéma représentant les étapes de formation d'un haut-marais. Modifié d'après le site internet **http://www.fr.ch/snp/fr/pub/protection_biotopes/hautmarais.htm.** Un facteur anthropique de dégradation d'un haut-marais est évoqué dans la dernière étape, avec l'extraction de la tourbe. 7
Figure 1.4 : A gauche, schéma modifié de GRÜNIG *et al.* (1986) et de GROSVERNIER *et al.* (1997) représentant la structure complexe d'un haut-marais et des divers milieux humides et moins humides qui l'entoure. 8
Figure 1.5 : A droite, centre de la tourbière de La Burtignière à la Vallée de Joux. Cette tourbière a servi de modèle au schéma ci-contre. 8
Figure 1.6 : Photo de gouille dans un haut-marais. 8
Figure 1.7 : Schéma issu de GOBAT *et al.* (2010) symbolisant le complexe de butte, de replat et de gouille présent dans un haut-marais. 8
Figure 1.8 : Gouille centrale à l'intérieur de la tourbière de Praz-Rodet. 9
Figure 1.9 : Bas-marais acidophile en bordure d'une tourbière à La Burtignière. 9
Figure 1.10 : Prairie humide du *Molinion* en bordure du lac de Joux. 10
Figure 1.11 : Prairie humide du *Calthion*. 10
Figure 1.12 : Prairie humide du *Filipendulion*. 11
Figure 1.13 : Roselières en bordure du lac de Joux. 11
Figure 1.14 : Schéma résumant les formes d'humus présentes dans les environnements hydromorphes selon les classifications de ZANELLA *et al.* (2011) et de JABIOL *et al.* (2013). 15
Figure 1.15 : Relations et liens écologiques entre différentes alliances de milieux humides et de milieux secs. Modifié de GALLANDAT (1982). 19
Figure 1.16 : Types de végétation trouvés potentiellement proche d'un lac à basse altitude, sans intervention humaine (en haut) et après intervention de l'homme (fauche, débroussaillement et fertilisation). Modifié de CHAPPUIS (1993). 19
Figure 1.17 : Aperçu du déroulement de la thèse, avec les deux approches et les différents chapitres, sections et paragraphes. 22
Figure 2.1 : Situation générale des sites étudiés (en rouge : Chapelle-des-Bois en France ; en bleu et vert : Vallée de Joux dans le Jura vaudois suisse, sites du Sentier en bleu, et de La Burtignière en vert). Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern). 27
Figure 2.2 : Carte modifiée de l'Office fédéral de topographie (tirée du site internet **http://map.geo.admin.ch**), présentant la situation des trois sites d'étude dans le Jura vaudois suisse (Vallée de Joux : sites de La Burtignière et du Sentier, ellipses bleues) et dans le Jura français (Chapelle-des-Bois, départements du Jura et du Doubs, ellipse orange). Les traits rouges localisent les coupes géologiques effectuées sur chaque site et présentées dans les paragraphes 2.1.1 (Vallée de Joux) et 2.1.2 (Chapelle-des-Bois). 27
Figure 2.3 : Stratigraphie présente dans l'ensemble des sites étudiés. Modifiée d'après AUBERT (1987). 28
Figure 2.4 : Détail du site de La Burtignière à l'extémité sud-ouest de la Vallée de Joux, avec en entouré, la portion étudiée du site. Carte modifiée de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern). 29
Figure 2.5 : Détail du site du Sentier à l'extémité sud-ouest du lac de Joux, avec en entouré, la portion étudiée du site. Carte modifiée de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern). 30
Figure 2.6 : Coupe géologique effectuée sur le site de La Burtignière (cf. Figure 2.2 pour la localisation exacte de la coupe, trait rouge). Dessin personnel. La carte géologique au 1 : 25'000 de FALCONNIER (1951) ainsi que les coupes géologiques d'AUBERT (1943) ont été utilisées pour effectuer ces coupes. 31
Figure 2.7 : Coupe géologique effectuée sur le site du Sentier (cf. Figure 2.2 pour la localisation exacte de la coupe, trait rouge). Dessin personnel. La carte géologique au 1 : 25'000 d'AUBERT (1941) ainsi que les coupes géologiques d'AUBERT (1943) ont été utilisées pour effectuer ces coupes. 31
Figure 2.8 : Photo aérienne de la grande tourbière de La Burtignière, prise en 2012 par M. Daniel Gétaz, Inspecteur des forêts du canton de Vaud. 32
Figure 2.9 : Photo aérienne de la tourbière de Praz-Rodet, prise par M. Daniel Gétaz en 2012, Inspecteur des forêts du canton de Vaud. 33
Figure 2.10 : Photo de la tourbière du Carre, avec la frontière française sur la droite (ligne droite à travers les prairies et pâturages sur la photo), prise en 2011 depuis la Roche Brisanche située au nord-ouest du synclinal de Joux. Au fond, les premières maisons du village français de Bois d'Amont. 33
Figure 2.11 : Vue d'ensemble du site du Sentier, avec la Tête du Lac sur la gauche de la photo, et les prairies humides et bas-marais de « Chez le Poisson » et des « Vieux Cheseaux » sur la droite. 34

Figure 2.12 : Bas-marais et prairies humides présents sur le site, appelés « Chez le Poisson » et les « Vieux Cheseaux », avec la prairie agricole dans le fond en bordure du lac. 34
Figure 2.13 : Vue d'ensemble du site de Chapelle-des-Bois prise depuis la Roche Champion (vers 1300 m d'altitude), avec le lac de Bellefontaine à gauche et le lac des Mortes à droite. 35
Figure 2.14 : Détail du site de Chapelle-des-Bois en France, avec en entouré, la portion étudiée du site. Carte modifiée de l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière français (©IGN France 2014.) 35
Figure 2.15 : Coupe géologique effectuée sur le site de Chapelle-des-Bois (cf. Figure 2.2 pour la localisation exacte de la coupe, trait rouge). Dessin personnel. La carte géologique au 1 : 50'000 du Bureau de recherches géologiques et minières de France (brgm : **http://editions.brgm.fr/cartegeol.jsp**) a été utilisée pour effectuer cette coupe. 36
Figure 3.1.1 : Localisation des sites d'étude. En rouge, le site de Chapelle-des-Bois en France ; en bleu, le site du Sentier, et en vert, le site de La Burtignière à la Vallée de Joux en Suisse. Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern). 48
Figure 3.1.2 : Dendogramme réordonné des relevés de végétation, obtenu avec la distance d'Hellinger et la méthode de Ward. Les 117 relevés sont répartis en 10 groupes, du Groupe 1 au Groupe 10. 51
Figure 3.1.3 : Répartition des groupes entre les sites d'étude (en haut) et nombre de relevés présents dans chaque groupe et pour chaque site d'étude (en bas). 51
Figure 3.1.4 : Analyse en composantes principales effectuée sur les relevés de végétation, avec le résultat du groupement. Les valeurs indicatrices de LANDOLT *et al.* (2010) ont été projetées *a posteriori* sur l'ACP (scaling 2) grâce à la fonction *envfit* pour l'interprétation écologique des axes. 52
Figure 3.1.5 : Boxplots des valeurs indicatrices de LANDOLT *et al.* (2010) pour chaque groupe du dendrogramme. La moyenne de la valeur indicatrice est symbolisée dans chaque boxplot par la ligne bleue. L'ordre des groupes correspond à la position de ces derniers sur l'axe 1 de l'ACP (Figure 3.1.4). 53
Figure 3.1.6 : Boxplot du nombre d'espèces pour chaque site d'étude (La Burtignière, Le Sentier et Chapelle-des-Bois). 59
Figure 3.1.7 : Proportions des différentes alliances trouvées dans l'ensemble des trois sites étudiés du Haut-Jura. 61
Figure 3.1.8 : Proportions des différentes alliances trouvées dans chacun des trois sites étudiés. 61
Figure 3.1.9 : Nombre de relevés de chaque alliance présents dans chaque groupe et pour l'ensemble des sites étudiés. 61
Figure 3.1.10 : Nombre de relevés présents dans chaque groupe et pour chaque site (a) groupe 1 ; (b) groupe 2 ; (c) groupe 3 ; (d) groupe 4 ; (e) groupe 5 ; (f) groupe 6 ; (g) groupe 7 ; (h) groupe 8 ; (i) groupe 9 ; (j) groupe 10. Les couleurs représentent les différentes alliances 63
Figure 3.1.11 : Emplacement des relevés et répartition des alliances sur le site de La Burtignière, à la Vallée de Joux (VD, Suisse). Orthophoto de 2008-2009 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern). 64
Figure 3.1.12 : Emplacement des relevés et répartition des alliances sur le site de du Sentier, à la Vallée de Joux (VD, Suisse). Orthophoto de 2008 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern) 65
Figure 3.1.13 : Emplacement des relevés et répartition des alliances sur le site de Chapelle-des-Bois (départements du Doubs et du Jura, France). Orthophoto BD ORTHO® 50 cm de résolution de 2010, ©IGN France 2014. 66
Figure 3.1.14 : *Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis* présent à Chapelle-des-Bois 68
Figure 3.1.15 : Variante à *Cirsium acaule* du *Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis* présente à Chapelle-des-Bois 68
Figure 3.1.16 : Variante plus humide à *Carex hostiana* du *Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis* présente à Chapelle-des-Bois 68
Figure 3.1.17 : *Trollio-Molinietum silaetosum*, variante à *Sesleria caerulea* présent au Sentier 69
Figure 3.1.18 : *Filipendulion* à La Burtignière. 70
Figure 3.1.19 : *Aconito-Filipenduletum*. 72
Figure 3.1.20 : *Aconito-Chaerophylletum* présent à La Burtignière. 74
Figure 3.1.21 : *Trollio-Cirsietum colchicetosum* présent au Sentier. 75
Figure 3.1.22 : *Trollio-Cirsietum potentilletosum*. En haut, variante à *Viola palustris* ; en bas, variante à *Carex davalliana*. 76
Figure 3.1.23 : *Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*, variante à *Blysmus compressus* présent à La Burtignière 77
Figure 3.1.24 : Groupement à *Juncus inflexus* présent à La Burtignière. 77
Figure 3.1.25 : Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpinoarticulatus* présent à La Burtignière 78
Figure 3.1.26 : *Primulo-Schoenetum typicum* présent au Sentier. En haut, variante à *Carex flacca* ; en bas, variante typique 79
Figure 3.1.27 : *Primulo-Schoenetum equisetosum variegatum* présent au Sentier. 80

Figure 3.1.28 : *Caricetum davallianae typicum*, variante à *Trichophorum cespitosum*, forme à *Eriophorum vaginatum*....81
Figure 3.1.29 : *Caricetum davallianae typicum*, variante à *Trichophorum cespitosum*, forme à *Menyanthes trifoliata*....82
Figure 3.1.30 : *Caricetum davallianae typicum*, variante typique....82
Figure 3.1.31 : *Caricetum davallianae caricetosum flaccae* en bordure de la tourbière du Carre à La Burtignière....82
Figure 3.1.32 : Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum* présent à Chapelle-des-Bois....83
Figure 3.1.33 : Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartsia alpina* présent à Chapelle-des-Bois....83
Figure 3.1.34 : *Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Calluna vulgaris*. En haut, forme humide à *Vaccinium oxycoccos* ; en bas, forme sèche....85
Figure 3.1.35 : *Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Festuca rubra* présent à La Burtignière....85
Figure 3.1.36 : *Caricetum fuscae comaretosum*, variante à *Carex diandra* présent à La Burtignière....86
Figure 3.1.37 : *Rhynchosporetum albae* présent à Chapelle-des-Bois....86
Figure 3.1.38 : *Caricetum rostratae* présent à La Burtignière. 87
Figure 3.1.39 : *Caricetum acutiformis* présent à La Burtignière....88
Figure 3.1.40 : *Alliarion* présent au Sentier, avec le Groupement à *Galeopsis tetrahit* et graminées....88
Figure 3.2.1 : Localisation des sites d'étude. En rouge, le site de Chapelle-des-Bois en France ; en bleu, le site du Sentier et en vert, le site de La Burtignière à la Vallée de Joux en Suisse. Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern)....94
Figure 3.2.2 : Dendrogramme réordonné des sondages pédologiques, obtenu avec la distance de Gower et la méthode de Ward. Les 117 sondages pédologiques sont répartis en 9 groupes, du Groupe 1 au Groupe 9....99
Figure 3.2.3 (à gauche) : Répartition des groupes entre les sites d'étude....99
Figure 3.2.4 (à droite) : Nombre des sondages pédologiques présents dans chaque groupe et pour chaque site d'étude....99
Figure 3.2.5 : Nombre des sondages pédologiques pour chaque groupe et pour chaque site. (a) groupe 1 ; (b) groupe 2 ; (c) groupe 3 ; (d) groupe 4 ; (e) groupe 5 ; (f) groupe 6 ; (g) groupe 7 ; (h) groupe 8 ; (i) groupe 9. Les couleurs représentent les différents types de sols....101
Figure 3.2.6 : Proportions des différents types de sols trouvés dans l'ensemble des trois sites étudiés....115
Figure 3.2.7 : Proportions des différents types de sols trouvés dans chacun des trois sites étudiés....115
Figure 3.2.8 : Emplacement des sondages et répartition des types de sols sur le site de La Burtignière, à la Vallée de Joux (VD, Suisse). Orthophoto de 2008-2009 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern)....116
Figure 3.2.9 : Emplacement des sondages et répartition des types de sol sur le site du Sentier, à la Vallée de Joux (VD, Suisse). Orthophoto de 2008 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern)....117
Figure 3.2.10 : Emplacement des sondages et répartition des types de sols sur le site de Chapelle-des-Bois (départements du Doubs et du Jura, France). Orthophoto BD ORTHO® 50 cm de résolution de 2010, ©IGN France 2014....118
Figure 3.2.11 : Schéma pédologique du sondage 1106 (RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère)....120
Figure 3.2.12 : Schéma pédologique du sondage 488 (RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizons A et G humifères)....121
Figure 3.2.13 : Schéma pédologique du sondage 1395 (RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre, à horizon A humifère en surface)....122
Figure 3.2.14 : Schéma pédologique du sondage 1719 (RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique)....122
Figure 3.2.15 : Schéma pédologique du sondage 497 (RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère, à horizon saprique de profondeur)....123
Figure 3.2.16 : Schéma pédologique du sondage 570 (RÉDUCTISOL TYPIQUE décarbonaté en surface, à horizon rédoxique, à horizon A humifère en surface)....123
Figure 3.2.17 : Schéma pédologique du sondage 529 (RÉDUCTISOL TYPIQUE surrédoxique, à horizons A et G humifères)....124
Figure 3.2.18 : Schéma pédologique du sondage 1511 (RÉDUCTISOL TYPIQUE)....124
Figure 3.2.19 : Schéma pédologique du sondage 589 (RÉDUCTISOL STAGNIQUE)....125
Figure 3.2.20 : Schéma pédologique du sondage 1393 (RÉDOXISOL réductique, calcaire, issu de craie lacustre, à horizons A humifères)....125
Figure 3.2.21 : Schéma pédologique du sondage 1296 (RÉDOXISOL réductique, à horizons A et g humifères)....126
Figure 3.2.22 : Schéma pédologique du sondage 534 (RÉDOXISOL réductique, à horizon g humifère en surface, à horizon histique)....126
Figure 3.2.23 : Schéma pédologique du sondage 1565 (RÉDOXISOL réductique, surrédoxique, à horizons A et g humifères)....126

Figure 3.2.24 : Schéma pédologique du sondage 1297 (RÉDOXISOL surrédoxique, carbonaté en surface, à horizons A et g humifères). 127
Figure 3.2.25 : Schéma pédologique du sondage 1669 (RÉDOXISOL calcaire, surrédoxique, à horizons A humifères en surface). 127
Figure 3.2.26 : Schéma pédologique du sondage 587 (RÉDOXISOL surrédoxique, décarbonaté en surface, à horizon A humifère en surface). 127
Figure 3.2.27 : Schéma pédologique du sondage 1570 (RÉDOXISOL surrédoxique, calcaire, à horizons g humifères, à horizon saprique, à horizon réductique de profondeur). 127
Figure 3.2.28 : Schéma pédologique du sondage 1680 (RÉDOXISOL épihistique, à horizon réductique de profondeur). 129
Figure 3.2.29 : Schéma pédologique du sondage 487 (RÉDOXISOL multi-alluvio-colluvial, à horizons sapriques). 129
Figure 3.2.30 : Schéma pédologique du sondage 1514 (RÉDOXISOL multi-fluvique, à horizons mésiques). 130
Figure 3.2.31 : Schéma pédologique du sondage 1644 (RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizons A et g humifères). 130
Figure 3.2.32 : Schéma pédologique du sondage 1573 (RÉDOXISOL à horizon g humifère, à horizon histique saprique en surface). 131
Figure 3.2.33 : Schéma pédologique du sondage 593 (RÉDOXISOL à horizons A et g humifères, à horizon histique saprique de profondeur). 131
Figure 3.2.34 : Schéma pédologique du sondage 1397 (RÉDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A et g humifères). 131
Figure 3.2.35 : Schéma pédologique du sondage 512 (HISTOSOL FIBRIQUE acide, flottant, oligotrophe). 132
Figure 3.2.36 : Schéma pédologique du sondage 1715 (HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésiques en surface, acide, mésotrophe). 134
Figure 3.2.37 : Schéma pédologique du sondage 1508 (HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques, acide, oligotrophe). 134
Figure 3.2.38 : Schéma pédologique du sondage 1610 (HISTOSOL MÉSIQUE acide, flottant, oligotrophe). 135
Figure 3.2.39 : Schéma pédologique du sondage 1351 (HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, calcique, oligotrophe). 135
Figure 3.2.40 : Schéma pédologique du sondage 492 (HISTOSOL MÉSIQUE À HORIZONS SAPRIQUE ET FIBRIQUE EN SURFACE, CALCIQUE, mésotrophe). 135
Figure 3.2.41 : Schéma pédologique du sondage 18_06_1988 (HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique, calcique, oligotrophe). 136
Figure 3.2.42 : Schéma pédologique du sondage 1642 (HISTOSOL SAPRIQUE à horizons An décarbonatés, calcique, eutrophe). 136
Figure 3.2.43 : Schéma pédologique du sondage 495 (HISTOSOL SAPRIQUE à horizons mésiques, acide, mésotrophe). 137
Figure 3.2.44 : Schéma pédologique du sondage 1601 (CALCOSOL haplique). 137
Figure 3.2.45 : Schéma pédologique du sondage 1377 (CALCOSOL décarbonaté en surface). 138
Figure 3.2.46 : Schéma pédologique du sondage 597 (CALCISOL haplique). 138
Figure 3.2.47 : Schéma pédologique du sondage 1510 (RÉDUCTISOL TYPIQUE superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE calcique, eutrophe). 139
Figure 3.2.48 : Schéma pédologique du sondage 1645 (RÉDUCTISOL TYPIQUE leptique, à horizon rédoxique, superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE calcique, mésotrophe). 139
Figure 3.2.49 : Schéma pédologique du sondage 1556 (HISTOSOL MÉSIQUE acide, oligotrophe, superposé à un RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique). 139
Figure 3.2.50 : Schéma pédologique du sondage 532 (RÉDOXISOL à horizons A et g humifères, superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE calcique, eutrophe). 140
Figure 3.2.51 : Schéma pédologique du sondage 1118 (CALCOSOL- RÉDOXISOL leptique). 141
Figure 3.2.52 : Schéma pédologique du sondage 563 (RENDOSOL- RÉDOXISOL leptique). 141
Figure 3.2.53 : Schéma pédologique du sondage 1110 (RENDISOL- RÉDOXISOL leptique). 141
Figure 3.2.54 : Schéma représentant les différents facteurs et leur influence sur l'intensité de l'engorgement, le régime hydrique, et donc sur la typologie, le fonctionnement et la répartition spatiale des sols. 145
Figure 3.3.1 : Localisation des sites d'étude. En rouge, le site de Chapelle-des-Bois en France ; en bleu, le site du Sentier et en vert, le site de La Burtignière à la Vallée de Joux en Suisse. Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern). 149
Figure 3.3.2 : Dendrogramme réordonné des sondages de formes d'humus, obtenu avec la distance de Gower et la méthode de Ward. Les 117 sondages pédologiques sont répartis en 9 groupes, du Groupe 1 au Groupe 9. 154
Figure 3.3.3 (à gauche) : Répartition des groupes entre les sites d'étude. 154

Figure 3.3.4 (à droite) : Nombre de sondages de formes d'humus présents dans chaque groupe et pour chaque site d'étude. 154
Figure 3.3.5 : Nombre des sondages de formes d'humus pour chaque groupe et pour chaque site. (a) groupe 1 ; (b) groupe 2 ; (c) groupe 3 ; (d) groupe 4 ; (e) groupe 5 ; (f) groupe 6 ; (g) groupe 7 ; (h) groupe 8 ; (i) groupe 9. Les couleurs représentent les différents types de formes d'humus. Dans la légende, la classification selon JABIOL *et al.* (2013) figure entre parenthèses. 157
Figure 3.3.6 : Proportions des différentes formes d'humus trouvées dans l'ensemble des trois sites étudiés. Les correspondances avec la clé de JABIOL *et al.* (2013) peuvent être trouvées dans la légende de la Figure 3.3.7. 166
Figure 3.3.7 : Proportions des différentes formes d'humus trouvées dans chacun des trois sites étudiés. Entre parenthèses se trouve la classification selon JABIOL *et al.* (2013). 167
Figure 3.3.8 : Emplacement des sondages et répartition des types de formes d'humus sur le site de La Burtignière, à la Vallée de Joux (VD, Suisse). Orthophoto de 2008-2009 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern). Pour la correspondance avec JABIOL *et al.* (2013), voir la légende de la Figure 3.3.7. 168
Figure 3.3.9 : Emplacement des sondages et répartition des types de formes d'humus sur le site du Sentier, à la Vallée de Joux (VD, Suisse). Orthophoto de 2008 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern). Pour la correspondance avec JABIOL *et al.* (2013), voir la légende de la Figure 3.3.7. 169
Figure 3.3.10 : Emplacement des sondages et répartition des types de formes d'humus sur le site de Chapelle-des-Bois (départements du Doubs et du Jura, France). Orthophoto BD ORTHO® 50 cm de résolution de 2010, ©IGN France 2014. Pour la correspondance avec JABIOL *et al.* (2013), voir la légende de la Figure 3.3.7. 170
Figure 3.3.11 : Schéma pédologique du sondage 1106. 178
Figure 3.3.12 : Schéma pédologique du sondage 1498. 179
Figure 3.3.13 : Schéma pédologique du sondage 1514. 179
Figure 3.3.14 : Schéma pédologique du sondage 1646. 180
Figure 3.3.15 : Facteurs influençant la typologie et la répartition des formes d'humus trouvées dans les sites d'étude. Seule la typologie selon ZANELLA *et al.* (2011) est représentée sur cette figure. Pour la correspondance avec JABIOL *et al.* (2013), voir la légende de la Figure 3.3.7. 194
Figure 3.3.16 : Résumé des spécificités des formes d'humus trouvées dans les sites d'étude ou citées dans cette étude. Les axes ont été déduits des résultats obtenus ainsi que de la littérature (ZANELLA *et al.*, 2011). 195
Figure 3.4.1 : Localisation des sites d'étude. En rouge, le site de Chapelle-des-Bois en France ; en bleu, le site du Sentier et en vert, le site de La Burtignière à la Vallée de Joux en Suisse. Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern). 200
Figure 3.4.2a : Analyse de Redondance (RDA) effectuée sur la matrice végétation contrainte par la matrice sols. Des barplots cumulés des types de sols ont également été dessinés pour chaque alliance.. 207
Figure 3.4.2b : Analyse de Redondance (RDA) effectuée sur la matrice végétation contrainte par la matrice formes d'humus. Des barplots cumulés des types de formes d'humus selon la clé de ZANELLA *et al.* (2011) ont également été dessinés pour chaque alliance. La classification de JABIOL *et al.* (2013) figure entre parenthèses dans la légende de la Figure 3.4.2b. 208
Figure 3.4.3 : Relevé/profil 494, avec la végétation (*Caricetum fuscae trichophoretosum,* variante à *Festuca rubra*), le sol (HISTOSOL FIBRIQUE) et la forme d'humus (MÉSIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface). 215
Figure 3.4.4 : Relevé/profil 510, avec la végétation (*Caricetum fuscae trichophoretosum,* variante à *Calluna vulgaris*), le sol (HISTOSOL FIBRIQUE) et la forme d'humus (MÉSIHISTOMOR). 216
Figure 3.4.5 : Relevé/profil 512, avec la végétation (*Caricetum fuscae comaretosum*), le sol (HISTOSOL FIBRIQUE) et la forme d'humus (FIBRIHISTOMOR). 216
Figure 3.4.6 : Relevé/profil 1106, avec la végétation (*Caricetum davallianae*), le sol (RÉDUCTISOL TYPIQUE) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR). 218
Figure 3.4.7 : Relevé/profil 1498, avec la végétation (Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*), le sol (HISTOSOL FIBRIQUE) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR). 218
Figure 3.4.8 : Relevé/profil 1608, avec la végétation (Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartsia alpina*), le sol (HISTOSOL FIBRIQUE) et la forme d'humus (MÉSIHISTOMOR). 219
Figure 3.4.9 : Relevé/profil 698, avec la végétation (*Primulo-Schoenetum*), le sol (RÉDOXISOL réductique) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR). 219
Figure 3.4.10 : Relevé/profil 1610, avec la végétation (*Rhynchosporion*), le sol (HISTOSOL MÉSIQUE) et la forme d'humus (FIBRIHISTOMODER). 221
Figure 3.4.11 : Relevé/profil 1496, avec la végétation (*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante humide à *Carex hostiana*), le sol (RÉDOXISOL surrédoxique) et la forme d'humus (HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL). 222

Figure 3.4.12 : Relevé/profil 1393, avec la végétation (*Trollio-Molinietum silaetosum*), le sol (RÉDUCTISOL TYPIQUE réductique, calcaire et issu de craie lacustre) et la forme d'humus (HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL). 223
Figure 3.4.13 : Relevé/profil 493, avec la végétation (*Trollio-cirsietum potentilletosum,* variante à *Viola palustris*), le sol (HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface) et la forme d'humus (MÉSIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface). 224
Figure 3.4.14 : Relevé/profil 1297, avec la végétation (*Trollio-Cirsietum colchicetosum*), le sol *(*RÉDOXISOL surrédoxique et décarbonaté en surface) et la forme d'humus (HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL). 225
Figure 3.4.15 : Relevé/profil 1724, avec la végétation (Groupement à *Gylceria plicata* et *Juncus alpinoarticulatus*), le sol (RÉDUCTISOL TYPIQUE) et la forme d'humus (HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL). 225
Figure 3.4.16 : Relevé/profil 488, avec la végétation (Groupement à *Juncus inflexus*), le sol (RÉDUCTISOL TYPIQUE) et la forme d'humus (HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL). 226
Figure 3.4.17 : Relevé/profil 1571, avec la végétation (*Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*), le sol (HISTOSOL MÉSIQUE calcique) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR). 227
Figure 3.4.18 : Relevé/profil 571, avec la végétation (*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*, variante typique), le sol (RÉDOXISOL leptique) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR). 228
Figure 3.4.19 : Relevé/profil 804, avec la végétation (*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae,* variante à *Phragmites australis*), le sol (RÉDOXISOL surrédoxique) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR). 229
Figure 3.4.20 : Relevé/profil 526, avec la végétation (*Aconito-Filipenduletum typicum,* variante à *Calamagrostis canescens*), le sol (HISTOSOL MÉSIQUE calcique et eutrophe) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR). 230
Figure 3.4.21 : Relevé/profil 1114, avec la végétation (*Aconito-Filipenduletum typicum,* variante à *Trollius europaeus*), le sol (RÉDOXISOL réductique) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR). 230
Figure 3.4.22 : Relevé/profil 1573, avec la végétation (*Aconito-Filipenduletum succisetosum,* variante à *Swertia perennis*), le sol (RÉDOXISOL à horizon histique saprique en surface) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR). 231
Figure 3.4.23 : Relevé/profil 1646, avec la végétation (*Aconito-Filipenduletum succisetosum,* variante à *Juncus inflexus*), le sol (RÉDOXISOL décarbonaté en surface) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR). 231
Figure 3.4.24 : Relevé/profil 1642, avec la végétation (*Aconito-Filipenduletum polemonietosum*), le sol (HISTOSOL SAPRIQUE calcique et eutrophe) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR). 232
Figure 3.4.25 : Relevé/profil 1512, avec la végétation (*Aconito-Chaerophylletum*), le sol (RÉDOXISOL) et la forme d'humus (HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL). 232
Figure 3.4.26 : Relevé/profil 1570, avec la végétation (*Magnocaricion*), le sol (RÉDOXISOL) et la forme d'humus (HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL). 234
Figure 3.4.27 : Relevé/profil 1659, avec la végétation (*Alliarion*), le sol (RÉDOXISOL) et la forme d'humus (HYDROMULL à tendance TERROMULL). 235
Figure 4.1.1: Study area with the three study sites (in red: Chapelle-des-Bois (France), 1108 m a.s.l., 46°34'31 N, 6°05'39 E; in blue: Le Sentier (CH), 1007 m a.s.l., 46°36'41 N, 6°14'53 E; in green: La Burtignière (CH), 1042 m a.s.l., 46°33'39 N, 6°10'15 E). Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern). 242
Figure 4.1.2: Redundancy Analysis (RDA) showing the general temporal shift of the relevés (scaling 2). Each pair of old plots and new plots are linked together by grey arrows. In red, mean shift arrow of all relevés. 244
Figure 4.1.3: Redundancy Analysis (RDA) showing the temporal shift of each vegetation alliance (scaling 2). Arrows represent the mean shift of each alliance. Landolt indicator values are projected passively (*a posteriori*) by *envfit* function on the RDA by a correlation between mean values and the position of the relevés on the RDA, in order to help to the interpretation of the changes. 245
Figure 4.1.4: Shifts (flat arrows) and stability (circular arrows) of the different phytosociological alliances, with the number of relevés associated (in red, the shift concerns relevés in Chapelle-des-Bois; in blue, relevés in Le Sentier; in green, relevés in La Burtignière). 246
Figure 4.2.1: Study area with the three study sites (in red: Chapelle-des-Bois (France), 1108 m a.s.l., 46°34'31 N, 6°05'39 E; in blue: Le Sentier (CH), 1007 m a.s.l., 46°36'41 N, 6°14'53 E; in green: La Burtignière (CH), 1042 m a.s.l., 46°33'39 N, 6°10'15 E). 252
Figure 4.2.2: Shifts (flat arrows) and stability (circular arrows) of the different phytosociological alliances, with the relevés associated (in red, the shift concerns relevés in Chapelle-des-Bois; in blue, relevés in Le Sentier; in green, relevés in La Burtignière). 254
Figure 4.2.3: Proportions of humus forms REFERENCES according to ZANELLA *et al.* (2011) in the 88 relevés/profiles with no vegetation change. The links with JABIOL *et al.* (2013) can be found in the Table 4.2.1. 257
Figure 4.2.4: Proportions of humus forms REFERENCES according to ZANELLA *et al.* (2011) in the 22 relevés/profiles with vegetation changes. The links with JABIOL *et al.* (2013) can be found in the Table 4.2.1 257

Figure 4.2.5: Proportions of horizons successions in the 88 relevés/profiles with no vegetation change..... 258
Figure 4.2.6: Proportions of horizons successions in the 22 relevés/profiles with vegetation changes..... 258
Figure 4.2.7: Proportions of the humus forms REFERENCES with their respective horizons successions for each relevé that changed of alliance. The alliances indicated under the graph are the initial alliances, i.e. from which the relevé has shifted to reach an other alliance. In brackets is given the nomenclature of JABIOL *et al.* (2013)..... 259
Figure 4.2.8: Case 1: vegetation changes with supposed humus forms changes. Shifts (flat arrows) of the different phytosociological alliances, with the relevés/profiles, the humus forms REFERENCES and the horizons successions associated. In red, the shift concerns relevés/profiles in Chapelle-des-Bois; in blue, relevés/profiles in Le Sentier; in green, relevés/profiles in La Burtignière. The nomenclature is the one of ZANELLA *et al.* (2011). The links with JABIOL *et al.* (2013) can be found in the Figure 4.2.7..... 260
Figure 4.2.9: Case 2: vegetation changes with no supposed change of humus forms. Shifts (flat arrows) of the different phytosociological alliances, with the relevés/profiles, the humus forms REFERENCES and the horizons successions associated. In red, the shift concerns relevés/profiles in Chapelle-des-Bois; in blue, relevés/profiles in Le Sentier; in green, relevés/profiles in La Burtignière. The nomenclature is the one of ZANELLA *et al.* (2011). The links with JABIOL *et al.* (2013) can be found in the Figure 4.2.7..... 261
Figure 4.2.10: Proportions of the humus forms REFERENCES with their respective horizon successions for each relevé that remain in each alliance. In brackets is given the nomenclature of JABIOL *et al.* (2013)..... 262
Figure 4.2.11: Schema of the soil and humus form (EUHISTOANMOOR according to ZANELLA *et al.* (2011)) of the relevé/profile 578, with the horizon An directly above hydromorphic organo-mineral horizon (An / Ag). Legend is found in the Appendix A.5..... 265
Figure 4.2.12: Schema of the soil and humus form (HYDROFORM with tendency TERROFORM according to ZANELLA *et al.* (2011)) of the relevé/profile 1565, with the horizon Ah directly above hydromorphic organo-mineral horizon (Ah / Ag)..... 265
Figure 4.2.13: Schema of the soil and humus form (EUHISTOANMOOR according to ZANELLA *et al.* (2011)) of the relevé/profile 1642, with the horizon An directly above histic horizon (An / H)..... 265
Figure 4.2.14: Schema of the soil and humus form (TERROFORM according to ZANELLA *et al.* (2011)) of the relevé/profile 597, with horizons rich in ions Ca^{2+}..... 266
Figure 4.2.15: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 494, with Hszo horizon on the top (HISTOFORM with tendency to drying up at the surface, according to ZANELLA *et al.* (2011))..... 266
Figure 4.2.16: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 512, with Hf horizons (HISTOFORM according to ZANELLA *et al.* (2011))..... 267
Figure 4.2.17: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 1115, with HYDROFORM with tendency TERROFORM according to ZANELLA *et al.* (2011)..... 267
Figure 4.2.18: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 1351, with HISTOFORM according to ZANELLA *et al.* (2011)..... 267
Figure 4.2.19: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 1646, with EUHISTOANMOOR (An / Ag) according to ZANELLA *et al.* (2011)..... 268
Figure 4.2.20: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 510, with HISTOFORM according to ZANELLA *et al.* (2011)..... 268
Figure 4.2.21: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 578, with EUHISTOANMOOR (An / Ag) according to ZANELLA *et al.* (2011)..... 269
Figure 4.2.22: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 1573, with EUHISTOANMOOR (An / H) according to ZANELLA *et al.* (2011)..... 269
Figure 4.2.23: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 1572, with Hszo horizon on the top (HISTOFORM with tendency to drying up at the surface, according to ZANELLA *et al.* (2011))..... 269
Figure 4.2.24: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 487, with EUHISTOANMOOR (An / Ag) according to ZANELLA *et al.* (2011). This case demonstrates also that this relevé/profile is subjected to flood and supplies form the stream nearby..... 270
Figure 4.2.25: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 489, with Hszo horizon on the top (HISTOFORM with tendency to drying up at the surface, according to ZANELLA *et al.* (2011))..... 270
Figure 4.2.26: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 1565, with HYDROFORM with tendency TERROFORM according to ZANELLA *et al.* (2011)..... 270
Figure 4.2.27: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 520, with EUHISTOANMMOR according to ZANELLA *et al.* (2011)..... 270
Figure 4.2.28: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 1659, with HYDROFORM with tendency TERROFORM according to ZANELLA *et al.* (2011)..... 270
Figure 5.1 : Résumé des types de sols présents dans les marais des sites étudiés, selon un gradient allant de très humide à sec..... 277
Figure 5.2 : Résumé des types de formes d'humus selon la clé de ZANELLA *et al.* (2011) présents dans les marais des sites étudiés, selon un gradient allant de très humide à sec. Les correspondances avec la

nomenclature de JABIOL *et al.* (2013) peuvent être trouvées dans le texte du paragraphe 5.1.1 intitulé « Formes d'humus ». 278
Figure 5.3 : Aperçu de quelques grands types de milieux présents autour d'un haut-marais (nommé tourbière sur la photo), situé à La Burtignière, jusqu'au pâturage et la forêt. 279
Figure 5.4 : Résumé des types de végétation présents dans les marais des sites étudiés (chiffres encerclés). Cette végétation est répartie selon le pH, le taux de nutriments et l'humidité.Tiré et adapté de GALLANDAT (1982). Les autres alliances sont tirées de GALLANDAT (1982) et figurent ici à titre informatif. Un profil représentant une forme d'humus ainsi qu'un sol caractéristique de chaque type de végétation est également présent. 280
Figure 5.5 : Résumé des changements floristiques (flèches plates) et des alliances stables (flèches circulaires) ayant lieu dans l'ensemble des sites étudiés, avec les différents relevés/profils concernés en gras et les successions d'horizons de formes d'humus. En rouge, les changements concernent le site de Chapelle-des-Bois, en bleu, le site du Sentier et en vert le site de La Burtignière. 284
Figure 5.6 : Aperçu à gauche en 1977 (photo de GALLANDAT (1982)) et à droite en 2014 d'un *Caricion davallianae* présent autour du haut-marais du Carre sur le site de La Burtignière (haut-marais à droite sur les photos). La zone ancienne de bas-marais (pâturé) s'est modifiée en une prairie plus eutrophe de type *Filipendulion*. Dans cette zone un poljé est présent. Celui-ci, lors de grandes précipitations, rejette de l'eau et peut amener des particules minérales basiques sur le *Caricion davallianae*. Le *Caricion davallianae* actuel est restreint à une petite surface en bordure directe du haut-marais, sur quelques mètres (en orangé sur la photo à droite). 286
Figure 5.7 : Aperçu à gauche en 1977 (photo de GALLANDAT (1982)) et à droite en 2014 d'un *Caricion fuscae* présent autour d'un haut-marais présent sur le site de La Burtignière (haut-marais à droite sur les photos). La zone ancienne montre une modification en une prairie plus eutrophe de type *Filipendulion*. Un pâturage entoure ensuite l'ensemble. Depuis 1997, des barrières séparent le pâturage des bas- et haut-marais. 286
Figure 5.8 : Aperçu à gauche en 1977 (photo de GALLANDAT (1982)) et à droite en 2014 d'un *Caricion fuscae* présent autour du haut-marais de Praz-Rodet présent sur le site de La Burtignière (haut-marais à gauche sur les photos). La zone ancienne de bas-marais, visible sur la photo à gauche par les taches brunes claires, a vu sa surface fondre et se confiner sur 1 m en bordure de la limite des arbres, et le reste s'est modifié en une prairie plus eutrophe de type *Filipendulion*. Un pâturage entoure ensuite l'ensemble, jusqu'à la forêt sur la droite. Depuis 1997, des barrières séparent le pâturage des bas- et haut-marais (limite visible sur la droite, avec le pâturage en vert clair et le *Filipendulion* de couleur brune). 286
Figure 5.9 : Aperçu à gauche en 1977 (photo de GALLANDAT (1982)) et à droite en 2014 d'un *Caricion fuscae* et d'un *Calthion* présents autour du haut-marais de Praz-Rodet (haut-marais avec bas-marais à gauche sur les photos). La zone ancienne de bas-marais et de prairies pâturées humides est symbolisée sur la photo ancienne par la végétation au niveau des gouilles. Depuis 1997, des barrières séparent le pâturage du complexe bas- et haut-marais (limite visible sur la gauche, avec le pâturage en vert et le *Filipendulion* de couleur brune). 287
Figure 5.10 : Aperçu à gauche en 1977 (photo de GALLANDAT (1982)) et à droite en 2014 d'un *Caricion fuscae* et d'un *Calthion* présents autour du haut-marais de Praz-Rodet (à droite sur les photos). La végétation entre le muret et la zone de bas- et haut-marais a bien changé ! Depuis 1997, des barrières sont présentes près du muret. 287
Figure 5.11 : Site de La Burtignière, avec les différents relevés effectués dans cette thèse qui ont changé d'alliance (ronds noirs) ou non (ronds blancs), ainsi que l'utilisation agricole du site de 1996 à actuellement. Orthophoto de 2008 - 2009 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern). Quelques clôtures présentes actuellement ont été dessinées sur cette figure (traits roses). 290
Figure 5.12 : Site du Sentier, avec les différents relevés effectués dans cette thèse qui ont changé d'alliance (ronds noirs) ou non (ronds blancs), ainsi que l'utilisation agricole du site de 1996 à actuellement. Orthophoto de 2008 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern). Quelques clôtures présentes actuellement ont été dessinées sur cette figure (traits roses). 290
Figure 5.13 : *Molinion* fauché en 1977 (photo à gauche, GALLANDAT (1982)) et en 2013 (photo à droite) à Chapelle-des-Bois. 291
Figure 5.14 : Les milieux humides de Chapelle-des-Bois sont pâturés en automne par quelques vaches, qui peuvent aller librement d'un endroit à un autre (photo en automne 2014). 291
Figure 5.15 : Site du Sentier, avec le lac de Joux au fond, le pâturage en vert, et les milieux humides en brun. De nombreux arbres sont apparus entre la photo à gauche en 1977 (GALLANDAT, 1982) et celle à droite en 2014. 291
Figure 5.16 : Site du Sentier, avec le lac de Joux au fond et l'embouchure de l'Orbe au milieu. De nombreux arbres sont apparus entre la photo à gauche en 1977 (GALLANDAT, 1982) et celle à droite en 2014. 291
Figure 5.17 : Site du Sentier, avec le lac de Joux au fond. De nombreux arbres sont apparus entre la photo à gauche en 1977 (GALLANDAT, 1982) et celle à droite en 2014. De plus, on remarque bien les canaux de drainages sur la photo du haut. Les canaux sont toujours présents en 2014, mais sont cachés derrière les arbres. 292

Figure 5.18 : Liens déterminés par la théorie ainsi que par les résultats obtenus dans cette thèse entre différents paramètres et facteurs importants dans les zones humides. En jaune, les différents facteurs ou paramètres qui influencent les différents composants ou caractéristiques d'un écosystème humide (en bleu). 299
Figure 5.19 : Zone photographiée en 2014 sur le site de La Burtignière représentant différentes zones de tourbières, avec bas- et hauts-marais (en haut : tourbière de La Burtignière ; en bas, à gauche : tourbière du Carre ; en bas, à droite : autre tourbière derrière La Burtignière). Dès 1996, une barrière empêchait les vaches de pénétrer dans la tourbière et était placée beaucoup plus en avant de la photo (vers les reines des prés en gris). En 2014, la barrière a été déplacée plus proche du haut-marais (à la limite de la partie grise et rosée) en vue d'essais de pâture 300

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1.1 : Comparaison de quelques zones humides présentes dans le Haut-Jura, notamment dans les sites étudiés. ..... **Erreur ! Signet non défini.**
Tableau 2.1 : Alliances phytosociologiques étudiées avec leurs classes et ordres respectifs..... 38
Tableau 2.2 : Dominance (recouvrement absolu) des plantes selon l'échelle de BRAUN-BLANQUET (1964). Les codes 2a et 2b ont été utilisés uniquement dans l'approche synchronique (chapitre 3), et non dans l'approche diachronique (chapitre 4)..... 40
Tableau 2.3 : Nombre et répartition des relevés revisités en 2012-2013 pour chaque alliance phytosociologique, et dans chaque site d'étude. Utilisé dans l'approche synchronique (chapitre 3). 40
Tableau 2.4 : Nombre et répartition des relevés utilisés dans l'approche diachronique (chapitre 4), pour chaque alliance, et dans chaque site étudié. 40
Tableau 2.5 : Liste des descripteurs prélevés sur le terrain lors des sondages pédologiques, avec une explication pour chacun d'eux..... 44
Tableau 3.1.1 : Dominance (recouvrement absolu) des plantes selon l'échelle modifiée de BRAUN-BLANQUET (1964), ainsi que le recouvrement absolu moyen utilisé dans cette étude. 49
Tableau 3.1.2 : Corrélation de Pearson pour chaque valeur indicatrice de LANDOLT *et al.* (2010) et pour les deux premiers axes de l'ACP. L=Lumière ; T=Température ; H=Quantité en humus ; N=Quantité en nutriments ; F=Humidité du sol ; R=pH. 52
Tableau 3.1.3 : Moyenne des valeurs indicatrices de LANDOLT *et al.* (2010) dans chaque groupe. Les chiffres en gras représentent la valeur la plus grande pour chaque valeur indicatrice. 53
Tableau 3.1.4 : Espèces différentielles significatives et espèces indicatrices (en gras) du groupe 8.....54
Tableau 3.1.5 : Alliances, associations (*-etum*) et sous-associations (*-etosum*) présentes dans le groupe 8.....54
Tableau 3.1.6 : Espèces différentielles significatives et espèces indicatrices (en gras) du groupe 6.....54
Tableau 3.1.7 : Alliances, associations (*-etum*) et sous-associations (*-etosum*) présentes dans le groupe 6.....55
Tableau 3.1.8 : Espèces différentielles significatives du groupe 2.....55
Tableau 3.1.9 : Alliances, associations (*-etum*) et sous-associations (*-etosum*) présentes dans le groupe 2.....55
Tableau 3.1.10 : Espèces différentielles significatives et espèces indicatrices (en gras) du groupe 1.....55
Tableau 3.1.11 : Alliances, associations (*-etum*) et sous-associations (*-etosum*) présentes dans le groupe 1.....56
Tableau 3.1.12 : Espèces différentielles significatives et espèces indicatrices (en gras) du groupe 4.....56
Tableau 3.1.13 : Alliances, associations (*-etum*) et sous-associations (*-etosum*) présentes dans le groupe 4.....56
Tableau 3.1.14 : Espèces différentielles significatives et espèces indicatrices (en gras) du groupe 9.....56
Tableau 3.1.15 : Alliances, associations (*-etum*) et sous-associations (*-etosum*) présentes dans le groupe 9.....56
Tableau 3.1.16 : Espèces différentielles significatives du groupe 3.....57
Tableau 3.1.17 : Alliances, associations (*-etum*) et sous-associations (*-etosum*) présentes dans le groupe 3.....57
Tableau 3.1.18 : Espèces différentielles significatives et espèces indicatrices (en gras) du groupe 7.....57
Tableau 3.1.19 : Alliances, associations (*-etum*) et sous-associations (*-etosum*) présentes dans le groupe 7.....57
Tableau 3.1.20 : Espèces différentielles significatives et espèces indicatrices (en gras) du groupe 10.....58
Tableau 3.1.21 : Alliances, associations (*-etum*) et sous-associations (*-etosum*) présentes dans le groupe 10.....58
Tableau 3.1.22 : Espèces différentielles significatives et espèces indicatrices (en gras) du groupe 5.....58
Tableau 3.1.23 : Alliances, associations (*-etum*) et sous-associations (*-etosum*) présentes dans le groupe 5.....58
Tableau 3.1.24 : Moyenne de la richesse spécifique dans chaque groupe. 59
Tableau 3.1.25 : Nombre moyen d'espèces pour chaque alliance végétale, association, sous-association et variante.....60
Tableau 3.1.26 : Syntaxons appartenant à l'alliance du *Molinion* et présents sur le site d'étude. Détails avec le type de végétation (association en gras, sous-association et variante en dessous), les numéros et le lieu des relevés ainsi que le groupe auquel appartiennent les relevés. 67
Tableau 3.1.27 : Syntaxons appartenant à l'alliance du *Filipendulion* et présents sur le site d'étude. Détails avec le type de végétation (association en gras, sous-association et variante en dessous), les numéros et le lieu des relevés ainsi que le groupe auquel appartiennent les relevés.....70
Tableau 3.1.28 : Syntaxons appartenant à l'alliance du *Calthion* et présents sur le site d'étude. Détails avec le type de végétation (association en gras, sous-association et variante en dessous), les numéros et le lieu des relevés ainsi que le groupe auquel appartiennent les relevés.....74
Tableau 3.1.29 : Syntaxons appartenant à l'alliance du *Caricion davallianae* et présents sur le site d'étude. Détails avec le type de végétation (association en gras, sous-association et variante en dessous), les numéros et le lieu des relevés ainsi que le groupe auquel appartiennent les relevés.....78

Tableau 3.1.30 : Syntaxons appartenant à l'alliance du *Caricion fuscae* et présents sur le site d'étude de la Burtignière. Détails avec le type de végétation (association en gras, sous-association et variante en dessous), les numéros des relevés ainsi que leur groupe. 84
Tableau 3.1.31 : Syntaxon appartenant à l'alliance du *Rhynchosporion* et présent sur le site d'étude de Chapelle-des-Bois. Détails avec le type de végétation (association en gras), le numéro du relevé ainsi que son groupe. 86
Tableau 3.1.32 : Syntaxons appartenant à l'alliance du *Magnocaricion* et présents sur le site d'étude de la Burtignière. Détails avec le type de végétation (association en gras), les numéros des relevés ainsi que leur groupe. 87
Tableau 3.1.33 : Syntaxon appartenant à l'alliance de l'*Alliarion* et présent sur le site d'étude de la Burtignière. Détails avec le type de végétation (groupement en gras), le numéro du relevé ainsi que son groupe. 88
Tableau 3.2.1 : Liste des descripteurs prélevés sur le terrain, avec une explication pour chacun d'eux. 95
Tableau 3.2.2 : Liste des descripteurs pédologiques utilisés lors des statistiques pour les sols. Ces descripteurs sont issus des descriptions de terrain. Pour les explications des descripteurs, voir le Tableau 3.2.1. 98
Tableau 3.2.3 : Liste des descripteurs pédologiques (avec leurs catégories) utilisés dans le groupement (« Épaisseur des horizons », « présence de traces d'oxydation», « présence de traces de réduction», « présence de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique », « taux d'humidité », « présence ou absence de carbonates (absence, décarbonaté, carbonaté) » et « profondeur du profil ». La répartition (%) de quelques descripteurs a été calculée pour chaque groupe afin de voir les spécificités de chacun d'eux. Concernant les épaisseurs des horizons, les moyennes ont été calculées uniquement sur les profils contenant l'horizon concerné (entre parenthèses, figure la moyenne calculée sur tous les profils présents dans chaque groupe). Concernant le pH et la profondeur, la moyenne a été calculée sur l'ensemble des profils. Les chiffres en gras représentent les valeurs les plus élevées pour chaque descripteur. 102
Tableau 3.2.4 : Détails des sondages du groupe 6 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 103
Tableau 3.2.5 : Détails des sondages du groupe 9 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 105
Tableau 3.2.6 : Détails des sondages du groupe 1 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 106
Tableau 3.2.7 : Détails des sondages du groupe 3 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 108
Tableau 3.2.8 : Détails des sondages du groupe 8 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 109
Tableau 3.2.9 : Détails des sondages du groupe 4 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 110
Tableau 3.2.10 : Détails des sondages du groupe 5 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 111
Tableau 3.2.11 : Détails des sondages du groupe 7 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 112
Tableau 3.2.12 : Détails des sondages du groupe 2 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 113
Tableau 3.2.13 : Réductisols présents dans les sites étudiés, et avec le groupe auquel ils appartiennent. 121
Tableau 3.2.14 : RÉDOXISOLS présents dans les sites étudiés, et avec le groupe auquel ils appartiennent. 128
Tableau 3.2.15 : Histosols présents dans les sites étudiés, et avec le groupe auquel ils appartiennent. 133
Tableau 3.2.16 : CALCOSOLS et CALCISOLS présents dans les sites étudiés, et avec le groupe auquel ils appartiennent. 137
Tableau 3.2.17 : Sols superposés présents dans les sites étudiés, et avec le groupe auquel ils appartiennent. 138
Tableau 3.2.18 : Sols à double rattachement présents dans les sites étudiés, et avec le groupe auquel ils appartiennent. 140
Tableau 3.3.1 : Liste des descripteurs prélevés sur le terrain, avec une explication pour chacun d'eux. 150

Tableau 3.3.2 : Qualificatifs (préfixe et suffixe) utilisés dans cette étude pour les formes d'humus selon JABIOL *et al.* (2013). Les qualificatifs ont été gardés comme à l'origine en anglais, pour éviter des erreurs de traduction. 150
Tableau 3.3.3 : Liste des formes d'humus avec leurs séquences d'horizons diagnostiques, selon la clé de ZANELLA *et al.* (2011), et celle de JABIOL *et al.* (2013) en souligné. 152
Tableau 3.3.4 : Liste des descripteurs pédologiques utilisés lors des statistiques pour les formes d'humus. Ces descripteurs sont issus du terrain. Pour les explications des descripteurs, voir le Tableau 3.3.1. 153
Tableau 3.3.5 : Liste des descripteurs pédologiques (avec leurs catégories) utilisés dans le groupement (« Epaisseur des horizons », « présence de la faune », « présence de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique », « taux d'humidité » et « effervescence à HCl 6M »). La variable « Mousses » n'a pas été utilisée dans le groupement et figure ici à titre indicatif. La répartition (%) de quelques variables a été calculée pour chaque groupe afin de voir les spécificités de chacun d'eux. Concernant les épaisseurs des horizons, les moyennes ont été calculées uniquement sur les profils contenant l'horizon concerné (entre parenthèses, figure la moyenne calculée sur tous les profils présents dans chaque groupe). Concernant le pH, la moyenne a été calculée sur l'ensemble des profils. Les chiffres en gras représentent les valeurs les plus élevées pour chaque descripteur. 155
Tableau 3.3.6 : Détails des sondages du groupe 9 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 158
Tableau 3.3.7 : Détails des sondages du groupe 6 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 159
Tableau 3.3.8 : Détails des sondages du groupe 2 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 160
Tableau 3.3.9 : Détails des sondages du groupe 5 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 161
Tableau 3.3.10 : Détails des sondages du groupe 1 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 162
Tableau 3.3.11 : Détails des sondages du groupe 4 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 163
Tableau 3.3.12 : Détails des sondages du groupe 3 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 164
Tableau 3.3.13 : Détails des sondages du groupe 8 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 165
Tableau 3.3.14 : Détails des sondages du groupe 7 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 166
Tableau 3.3.15 : MÉSOTERROMULL selon ZANELLA *et al.* (2011) ou MESOMULL selon JABIOL *et al.* (2013) présent dans les sites étudiés. 172
Tableau 3.3.16 : OLIGOTERROMULLS selon ZANELLA *et al.* (2011) ou OLIGOMULLS selon JABIOL *et al.* (2013) présents dans les sites étudiés. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous. 173
Tableau 3.3.17 : DYSTERROMULLS selon ZANELLA *et al.* (2011) ou DYSMULLS selon JABIOL *et al.* (2013) présents dans les sites étudiés. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous. 173
Tableau 3.3.18 : HYDROMULL selon ZANELLA *et al.* (2011) ou *Stagnic* DYSMULL selon JABIOL *et al.* (2013) présent dans les sites étudiés. 174
Tableau 3.3.19 : HYDROMULLS à tendance MÉSOTERROMULLS selon ZANELLA *et al.* (2011) ou *Stagnic* MESOMULLS (*Drying up at the surface*) selon JABIOL *et al.* (2013) présents dans les sites étudiés. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous. 175
Tableau 3.3.20 : HYDROMULLS à tendance OLIGOTERROMULLS selon ZANELLA *et al.* (2011) ou *Stagnic* OLIGOMULLS (*Drying up at the surface*) selon JABIOL *et al.* (2013) présents dans les sites étudiés. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous. 176
Tableau 3.3.21 : HYDROMULLS à tendance DYSTERROMULLS selon ZANELLA *et al.* (2011) ou *Stagnic* DYSMULLS (*Drying up at the surface*) selon JABIOL *et al.* (2013) présents dans les sites d'étude. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous. 177
Tableau 3.3.22 : HYDROMODER à tendance HÉMITERROMODER selon ZANELLA *et al.* (2011) ou *Stagnic* HEMIMODER (*Drying up at the surface*) selon JABIOL *et al.* (2013) présent dans les sites d'étude.. 177

Tableau 3.3.23 : EUHISTOANMOORS selon ZANELLA *et al.* (2011) ou EUANMOORS selon JABIOL *et al.* (2013) présents dans les sites étudiés. Le sondage en gras est représenté par les photos et les schémas ci-dessous. 180
Tableau 3.3.24 : HUMIHISTOAMPHI selon ZANELLA *et al.* (2011) ou HUMIAMPHI selon JABIOL *et al.* (2013) présent dans les sites étudiés. 181
Tableau 3.3.25 : HUMIHISTOMODER selon ZANELLA *et al.* (2011) ou HUMIMODER selon JABIOL *et al.* (2013) présent dans les sites étudiés. 181
Tableau 3.3.26 : SAPRIHISTOMODERS selon ZANELLA *et al.* (2011) ou SAPRIMODERS selon JABIOL *et al.* (2013) présents dans les sites d'étude. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous. 182
Tableau 3.3.27 : MÉSIHISTOMODERS selon ZANELLA *et al.* (2011) ou MESIMODERS selon JABIOL *et al.* (2013) présents dans les sites étudiés. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous. 182
Tableau 3.3.28 : FIBRIHISTOMODERS selon ZANELLA *et al.* (2011) ou FIBRIMODERS selon JABIOL *et al.* (2013) présents dans les sites étudiés. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous. 183
Tableau 3.3.29 : FIBRIHISTOMOR ou MÉSIHISTOMORS avec tendance à l'assèchement en surface selon ZANELLA *et al.* (2011) présents dans les sites étudiés. FIBRIMOR ou MESIMORS (*Drying up at the surface*) selon JABIOL *et al.* (2013). Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous. 184
Tableau 3.3.30 : MÉSIHISTOMORS selon ZANELLA *et al.* (2011) ou MESIMORS selon JABIOL *et al.* (2013) présents dans les sites étudiés. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous. 184
Tableau 3.3.31 : FIBRIHISTOMOR selon ZANELLA *et al.* (2011) ou FIBRIMOR selon JABIOL *et al.* (2013) présent dans les sites étudiés. 185
Tableau 3.3.32 : EPIHISTOMOR selon ZANELLA *et al.* (2011) ou *Epihistic* HISTOMOR selon JABIOL *et al.* (2013) présent dans les sites étudiés. 185
Tableau 3.3.33 : HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL superposé à HUMIHISTOMODER selon ZANELLA *et al.* (2011) ou *Stagnic* TERROMULL (*Drying up at the surface*) superposed to HUMIMODER selon JABIOL *et al.* (2013) présent dans les sites étudiés. 186
Tableau 3.3.34 : DYSTERROMODER superposé à FIBRIHISTOMODER selon ZANELLA *et al.* (2011) ou DYSMODER superposed to FIBRIMODER selon JABIOL *et al.* (2013) présent dans les sites étudiés 187
Tableau 3.3.35 : EUHISTOANMOOR superposé à DYSHUMIHISTOMODER selon ZANELLA *et al.* (2011) ou EUANMOOR superposed to DYSHUMIMODER selon JABIOL *et al.* (2013) présent dans les sites étudiés. 187
Tableau 3.3.36 : EUHISTOANMOOR superposé à MÉSIHISTOMODER selon ZANELLA *et al.* (2011) ou EUANMOOR superposed to MESIMODER selon JABIOL *et al.* (2013) présent dans les sites étudiés. 188
Tableau 3.4.1 : Dominance (recouvrement absolu) des plantes selon l'échelle modifiée de BRAUN-BLANQUET (1964), avec le recouvrement absolu moyen utilisé. 201
Tableau 3.4.2 : Liste des descripteurs prélevés sur le terrain, avec une explication pour chacun d'eux. 202
Tableau 3.4.3 : Liste des formes d'humus avec leurs séquences d'horizons diagnostiques, selon la clé de ZANELLA *et al.* (2011), et celle de JABIOL *et al.* (2013) en souligné. 203
Tableau 3.4.4 : Liste des descripteurs pédologiques utilisés lors des statistiques pour les sols et les formes d'humus. Ces descripteurs sont issus majoritairement du terrain. Pour les explications des descripteurs, voir le Tableau 3.4.2. En rouge, le nom des descripteurs tel qu'il apparaît sur la RDA ainsi que dans les Annexes B.11 et B.13. 205
Tableau 3.4.5 : Relevés/profils présents dans l'alliance du *Molinion*, avec les types de sols, de formes d'humus selon ZANELLA *et al.* (2011) et de végétation. La correspondance avec la nomenclature de JABIOL *et al.* (2013) est trouvée à la Figure 3.4.2b. Le lieu des relevés/profils est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 209
Tableau 3.4.6 : Relevés/profils présents dans l'alliance du *Calthion*, avec les types de sols, de formes d'humus selon ZANELLA *et al.* (2011) et de végétation. La correspondance avec la nomenclature de JABIOL *et al.* (2013) est trouvée à la Figure 3.4.2b. Le lieu des relevés/profils est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 210
Tableau 3.4.7 : Relevés/profils présents dans les alliances de l'*Alliarion*, du *Magnocaricion* et du *Rhynchosporion*, avec les types de sols, de formes d'humus selon ZANELLA *et al.* (2011) et de végétation. La correspondance avec la nomenclature de JABIOL *et al.* (2013) est trouvée à la Figure 3.4.2b. Le lieu des relevés/profils est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 211
Tableau 3.4.8 : Relevés/profils présents dans l'alliance du *Caricion fuscae*, avec les types de sols, de formes d'humus selon ZANELLA *et al.* (2011) et de végétation. La correspondance avec la nomenclature de JABIOL *et al.* (2013) est trouvée à la Figure 3.4.2b. Le lieu des relevés/profils est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 211
Tableau 3.4.9 : Relevés/profils présents dans l'alliance du *Filipendulion*, avec les types de sols, de formes d'humus selon ZANELLA *et al.* (2011) et de végétation. La correspondance avec la nomenclature de

JABIOL *et al.* (2013) est trouvée à la Figure 3.4.2b. Le lieu des relevés/profils est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 212
Tableau 3.4.10 : Relevés/profils présents dans l'alliance du *Caricion davallianae*, avec les types de sols, de formes d'humus selon ZANELLA *et al.* (2011) et de végétation. La correspondance avec la nomenclature de JABIOL *et al.* (2013) est trouvée à la Figure 3.4.2b. Le lieu des relevés/profils est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier). 213
Table 4.1.1: Number of revisited relevés according to the five phytosociological alliances, globally and for each site. 243
Table 4.1.2: Estimation of plant cover according to BRAUN-BLANQUET (1964), with the absolute mean cover according to GILLET (2010) used in analyses. 243
Table 4.1.3: Number of relevés (and proportions %) that present or not vegetation changes for each initial phytosociological alliance. A vegetation change is equivalent to a shift at the phytosociological alliance level. 245
Table 4.1.4: Comparison of the number of relevés belonging to the alliances between 1974 and 2012 (globally and for the three sites separately). 246
Table 4.1.5: Changes of mean Landolt indicator values, globally and by alliances, between 1974 and 2012, analysed by pairwise Wilcoxon-Mann-Whitney tests: NS, non significant; *, <0.05; **, <0.01; ***, <0.001 (significant changes in bold). A positives value indicates an increase of the Landolt indicator values, a negative value indicates a decrease. 247
Table 4.2.1: Correspondences between humus forms REFERENCES according to both classifications. 255
Table 4.2.2: Counts of each humus forms REFERENCES coming from ZANELLA *et al.* (2011) between the relevés/profiles that present vegetation changes and that do not present vegetation change. The links with JABIOL *et al.* (2013) can be found in the Table 4.2.1 256
Table 4.2.3: Counts of each humus forms successions horizons between the relevés/profiles that present vegetation changes and that do not present vegetation change. 256
Table 4.2.4: Presentation of the relevés/profiles that present alliance changes and supposed humus forms changes. Case 1: vegetation changes, supposed humus forms changes. Nomenclature of humus forms is from ZANELLA *et al.* (2011). 260
Table 4.2.5: Presentation of the relevés/profiles that present alliance changes but no supposed humus forms changes. Case 2: vegetation changes, no supposed change in humus forms. Nomenclature of humus forms is from ZANELLA *et al.* (2011). 261
Table 4.2.6: Presentation of the relevés/profiles that do not present alliance changes but supposed humus forms changes. Case 3: no vegetation change, supposed humus forms changes. Nomenclature of humus forms is from ZANELLA *et al.* (2011). 263
Table 4.2.7: Presentation of the relevés/profiles that do not present alliance and no supposed humus forms changes. Case 4: no vegetation change, no supposed change in humus forms. Nomenclature of humus forms is from ZANELLA *et al*. (2011). 264

CHAPITRE 1

INTRODUCTION GENERALE

Ce chapitre comporte l'introduction générale de ce travail, avec notamment la présentation de quelques zones humides avec leur végétation, leurs sols et leurs formes d'humus. Il contient également une présentation du contexte de cette thèse, ainsi que les différents objectifs et hypothèses de ce travail.

1 INTRODUCTION GENERALE

1.1 Les zones humides

1.1.1 Définitions et fonctionnements

Présentes sur tous les continents, excepté en Antarctique, les zones humides sont des écosystèmes qui peuvent être inondés de façon épisodique ou permanente. Définir ce qu'est un milieu humide est complexe, notamment à cause de leur grande diversité et la grande variation de leurs caractéristiques. Cependant, des définitions générales sur ces écosystèmes existent, avec par exemple celle de la Convention de Ramsar (SECRÉTARIAT DE LA CONVENTION DE RAMSAR, 2013) et celle de COWARDIN *et al.* (1979) :

> Les zones humides sont ***"des étendues de marais, de fagnes, de tourbières ou d'eaux naturelles ou artificielles, permanentes ou temporaires, où l'eau est stagnante ou courante, douce, saumâtre ou salée, y compris des étendues d'eau marine dont la profondeur à marée basse n'excède pas six mètres."***
>
> Article 1.1 de la Convention de Ramsar, 4ème édition (SECRÉTARIAT DE LA CONVENTION DE RAMSAR, 2013).

> **"*Les zones humides peuvent inclure des zones de rives ou de côtes adjacentes à la zone humide et des îles ou des étendues d'eau marine d'une profondeur supérieure à 6 mètres à marée basse, entourées par la zone humide."***
>
> Article 2.1 de la Convention de Ramsar, 4ème édition (SECRÉTARIAT DE LA CONVENTION DE RAMSAR, 2013).

> ***"Wetlands are lands transitional between terrestrial and aquatic systems where the water table is usually at or near the surface or the land is covered by shallow water... Wetlands must have one or more of the following three attributes: (1) at least periodically, the land supports predominantly hydrophytes; (2) the substrate is predominantly undrained hydric soil; and (3) the substrate is non-soil and is saturated with water or covered by shallow water at some time during, the growing season of each year."***
>
> Classification des zones humides et des habitats en eau profonde des Etats-Unis (COWARDIN *et al.*, 1979).

D'un point de vue écologique, les zones humides sont des milieux dans lesquels l'eau est le facteur écologique majeur. De plus, ces biotopes sont soit couverts d'eau, soit inondés de façon temporaire ou permanente. Ils sont par ailleurs caractérisés par trois facteurs exclusifs (MITSCH & GOSSELINK, 2007) :

- **de l'eau.** Ce composé est présent dans tous les milieux, qu'ils soient secs ou humides. Cependant, dans ces derniers, elle a une plus forte influence sur le fonctionnement du biotope. Cette eau peut ainsi être présente sur le long ou sur le court terme. De même, la quantité et la présence d'eau peuvent être plus ou moins importantes, dépendant du type de milieu humide et de la période de l'année ;
- **des sols** particuliers appelés sols hydromorphes, possédant un développement ainsi qu'une hydrologie typiques de ces conditions humides et inondées (MITSCH & GOSSELINK, 2007) ;
- **des plantes typiques.** Les conditions plus ou moins saturées en eau favorisent le développement de plantes spécifiquement adaptées (MITSCH & GOSSELINK, 2007). En effet, la saturation en eau (ou hydromorphie) a pour conséquence de créer un environnement stressant pour les plantes. Donc, ces conditions favorisent la croissance et la survie de plantes spécifiquement adaptées à ces sols saturés en eau.

Les zones humides sont essentielles dans le paysage, de par leurs nombreuses fonctions pour les hommes et la nature (MITSCH & GOSSELINK, 2000). Elles façonnent les paysages, fournissant un grand nombre d'habitats et d'écosystèmes différents. Aussi, en plus de fournir des places de loisirs et de relaxation, elles fournissent une quantité considérable de nourriture pour les hommes et les animaux. Ces milieux jouent également un rôle important dans le cycle hydrologique (MITSCH & GOSSELINK, 2000). De plus, en agissant comme filtre naturel, les zones humides ont une fonction clé de purification de l'eau. Par ailleurs, ces biotopes permettent de retenir l'eau, de contrôler et de limiter les inondations (OFEFP, 2002 ; ZEDLER & KERCHER, 2005). Ils sont aussi une ressource économique non négligeable pour les agriculteurs, en tant que surfaces de pâturage. De plus, ils abritent un grand réservoir de carbone et de biodiversité animale et végétale (HINTERMANN, 1995 ; WILDERMUTH, 1995 ; CONTINI & CANNICCI, 2008). En tant qu'archives du passé, ils comportent de nombreuses informations utiles relatant par exemple l'évolution du climat ou de la végétation, ainsi que l'histoire du milieu au niveau naturel ou anthropique (KÜTTEL, 1994a ; OFEFP, 2002).

1.1.2 Quelques types de zones humides

Les milieux humides peuvent être situés en position d'écotones, et plus précisément en périphérie directe d'écosystèmes aquatiques (lacs, rivières, océans ou étangs) et terrestres (prairies, forêts, pâturages et autres) (MITSCH & GOSSELINK, 2007 ; Figure 1.1) ; ils sont donc directement soumis aux fluctuations du niveau d'eau de la zone aquatique. Ils peuvent également être situés dans des zones soumises à une nappe d'eau permanente présente en profondeur (MITSCH & GOSSELINK, 2007) ou à une nappe d'eau temporaire présente en surface. Cette position dans l'espace et dans le temps influence le fonctionnement ainsi que les propriétés des milieux humides. Ces derniers sont donc composés d'environnements variés qui diffèrent les uns des autres principalement par le type de végétation, la quantité et la chimie de l'eau présente dans le sol, le régime hydrique (comme la profondeur de la nappe, la durée et la fréquence de la saturation en eau), ainsi que par le type de perturbation humaine (MARTI, 1992 ; MARTI *et al.*, 1997 ; MITSCH & GOSSELINK, 2007). Ainsi, autour du monde, on peut trouver par exemple des lagons, des récifs coralliens, des marais salés ou d'eau douces, des étangs, des zones artificielles, des prairies marécageuses, des tourbières et des zones alluviales (MITSCH & GOSSELINK, 2000, 2007).

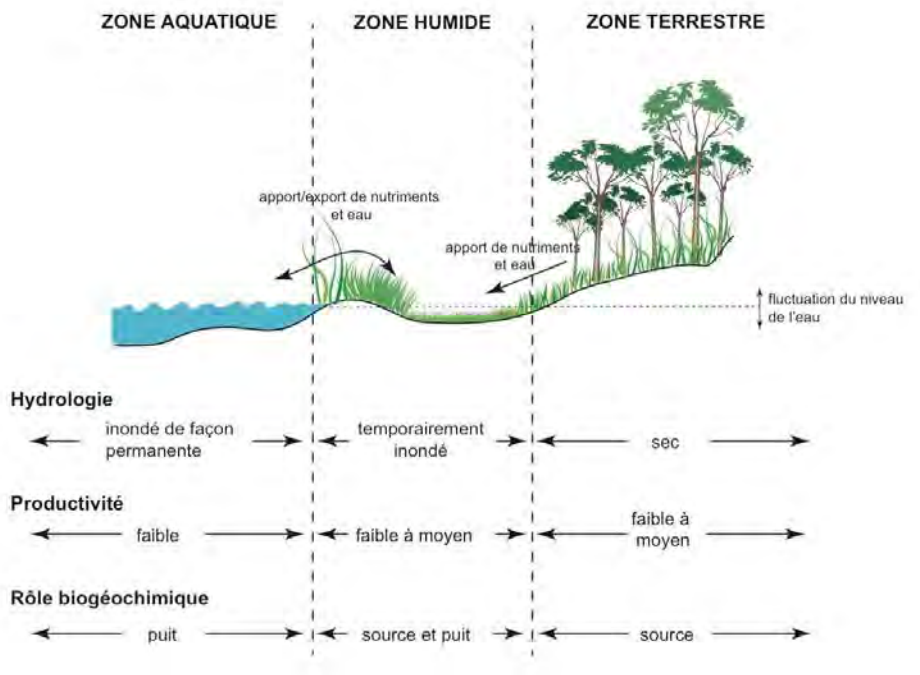


Figure 1.1 : Situation théorique des zones humides, modifiée de MITSCH & GOSSELINK (2007).

Prenons l'exemple de quelques types de biotopes gorgés d'eau temporairement ou de façon permanente, plus particulièrement celui des **hauts-marais** (tourbières bombées), des **marais de transition,** des **bas-marais** et des **prairies humides**. Dans le Jura, ces biotopes se développent dans des zones à températures relativement basses et à fortes précipitations (STEINER & GRÜNIG, 1997a, 1997b). Ils sont principalement situés dans des endroits où l'écoulement de l'eau est ralenti, notamment par la topographie (zones concaves ou dépressions) et/ou par la géologie (sous-sol imperméable composé notamment de marnes et de dépôts glaciaires) (MARTI, 1992). Cette stagnation en eau provoque une anoxie du milieu, et donc empêche la bonne dégradation de la matière organique (MARTI, 1992 ; GOBAT *et al.*, 2010). Ainsi, celle-ci s'accumule, pouvant former de la tourbe, notamment dans les hauts-marais (MARTI, 1992). Ces biotopes se différencient par leur position dans le paysage (Figure 1.2), ainsi que par leurs caractéristiques écologiques et leur fonctionnement (Tableau 1.1).

Les hauts-marais

Les hauts-marais (ou marais ombrogènes, ou tourbières hautes) sont des marais alimentés en eau uniquement par les précipitations (MARTI, 1992 ; BRESSOUD, 1993). Ils sont donc oligotrophes, pauvres en oxygène dissous et très acides (Tableau 1.1 ; BRESSOUD, 1993). Dans le Jura, ils se développent dans des régions humides où le bilan hydrique est nul ou positif, c'est-à-dire dans des zones où la topographie et le sous-sol imperméable permettent à l'eau de la nappe d'être présente tout au long de l'année et où le taux des précipitations est plus important que le taux d'évapotranspiration (MITSCH & GOSSELINK, 2007 ; GOBAT *et al.*, 2010). Ces conditions particulières d'anoxie et d'acidité permettent le développement d'une végétation spécifique, typiquement adaptée, et notamment d'un type de bryophytes, les sphaignes (*Sphagnum* sp.). Celles-ci, par leur aspect d'éponge, ont la capacité de retenir l'eau, et donc de maintenir le milieu humide (MARTI, 1992). De plus, pour garantir leur croissance, elles captent et stockent des cations présents dans le milieu, et libèrent en échanges des ions H^+ (MARTI, 1992 ; OFEFP, 2002). Ces ions H^+ libérés acidifient encore davantage le milieu, empêchant d'autres espèces végétales non adaptées de s'y installer (MARTI, 1992 ; OFEFP, 2002). De plus, comme les conditions du milieu sont acides, très humides et anoxiques, la faune du sol assurant la décomposition de la matière végétale est peu abondante (OFEFP, 2002).

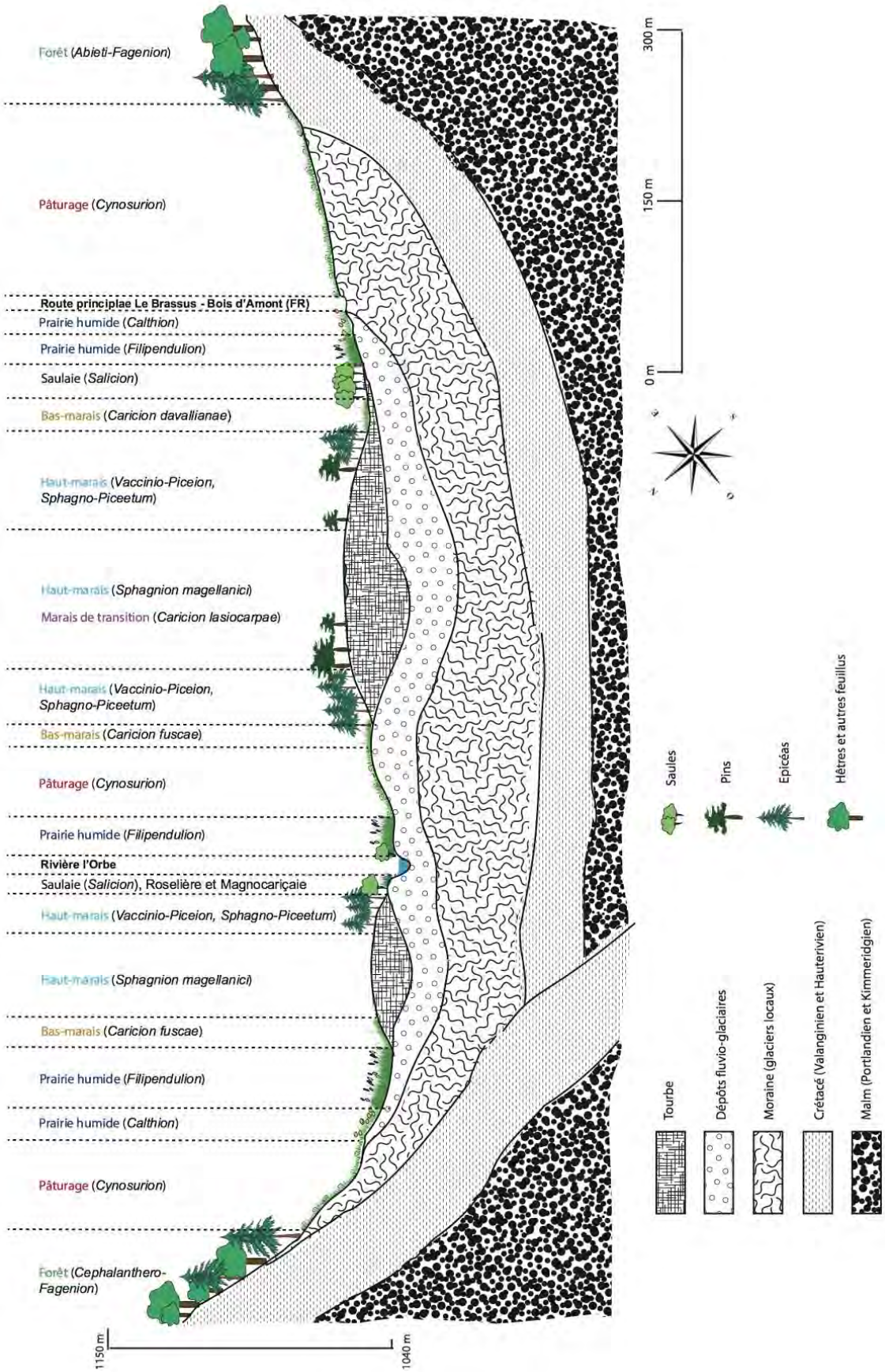


Figure 1.2 : Coupe transversale modifiée de GALLANDAT (1982) et de GRÜNIG (1994) à travers le synclinal de la Vallée de Joux, au niveau de la tourbière de La Burtignière et représentant un transect de végétation du site selon le synsystème de GALLANDAT (1982).

Tableau 1.1 : Comparaison de quelques zones humides présentes dans le Haut-Jura, notamment dans les sites étudiés.

Petit rappel concernant la phytosociologie et la notation : En phytosociologie, les types de végétation sont classés selon les espèces qu'ils contiennent et qui les caractérisent. L'unité de base est l'association végétale (*-etum*). Les associations végétales similaires d'un point de vue floristique sont regroupées dans un syntaxon plus large, appelé **alliance** (*-ion*). A nouveau, les alliances possédant un cortège floristique semblable sont ensuite regroupées en **ordres** (*-etalia*), puis ces derniers sont regroupés pour former le niveau hiérarchique supérieur, la **classe** (*-etea*). Les détails peuvent encore être affinés, ce qui donne ensuite des sous-unités de chacun de ces niveaux hiérarchiques, comme la **sous-association** (*-etosum*).

	HAUTS-MARAIS	MARAIS DE TRANSITION	BAS-MARAIS	PRAIRIES HUMIDES	ROSELIÈRES	MAGNOCARICAIES
Alimentation hydrique de la nappe	Précipitations uniquement	Précipitations + apports telluriques (infiltrations)	Précipitations + apports telluriques (infiltrations)	Précipitations + apports telluriques (infiltrations)	Précipitations + ruissellement + débordements de zone aquatique	Précipitations + ruissellement + débordements de zone aquatique
Richesse de la nappe en sels minéraux	Très pauvre (oligotrophe)	Variable (selon apports par les ruissellements)	Variable (selon apports par les ruissellements)	Variable (selon apports par les ruissellements)	Plutôt riche (selon apports en eau)	Plutôt riche (selon apports en eau)
Sol	Très organique et acide	Organique, plutôt acide	Organique ou organo-minéral, acide ou neutro-alcalin	Organo-minéral ou organique, plutôt alcalin	Organo-minéral ou organique, plutôt alcalin	Organo-minéral ou organique, plutôt alcalin
Végétation	Présence de sphaignes ***Oxycocco-Sphagnetea*** *Sphagnion magellanici* ***Vaccinio-Piceetea*** *Vaccinio-Piceion*	Présence de sphaignes et d'autres espèces de bas-marais ***Scheuchzerio palustris-Caricetea fuscae*** *Scheuchzerietalia palustris* *Rhynchosporion albae* *Caricion lasiocarpae*	Absence de sphaignes (prairies à grandes et petites laîches) ***Scheuchzerio palustris-Caricetea fuscae*** *Caricetalia fuscae* *Caricion fuscae* *Tofieldietalia* *Caricion davallianae*	Présence de graminées et de dicotylédones ***Molinio-Arrhenatheretea*** *Molinetalia caeruleae* *Molinion* *Calthion* *Filipendulion*	Pauvre en espèces, dominées par les graminées ***Phragmitetea*** *Phragmition*	Pauvre en espèces, dominées par les cypéracées ***Phragmitetea*** *Magnocaricion*
Décomposition de la matière organique	Lente et accumulation de tourbe fibreuse	Lente à rapide	Rapide, sol pas forcément tourbeux	Rapide, notamment en période sèche	Rapide, notamment en période sèche	Rapide, notamment en période sèche

Par conséquent, en mourant, les sphaignes et autres espèces végétales tolérant ces conditions ne peuvent pas être décomposées et s'accumulent pour former la tourbe (OFEFP, 2002). Au fur et à mesure que cette tourbe s'accumule (environ 1 mm par an en Suisse ; MARTI, 1992), le haut-marais se déconnecte de l'eau située dans le sous-sol, ce qui conduit à la structure bombée caractéristique des tourbières hautes. De plus, comme la minéralisation de la matière organique est relativement faible, l'unique source en nutriments de ces environnements provient des pluies, ce qui accentue encore l'oligotrophie de ces milieux (OFEFP, 2002).

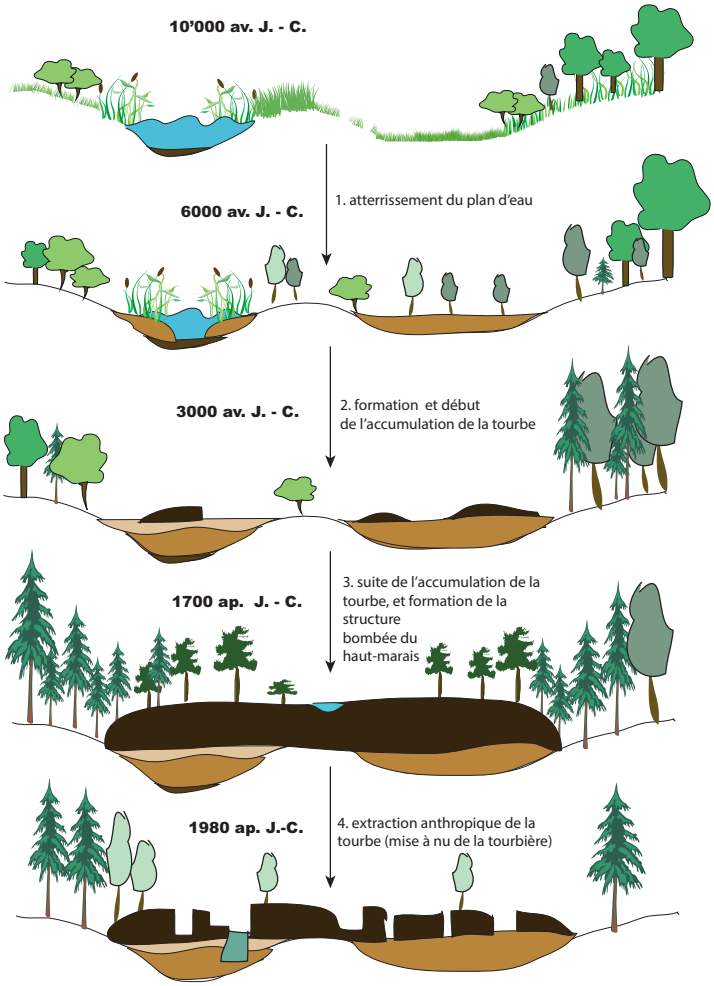


Figure 1.3 : Schéma représentant les étapes de formation d'un haut-marais. Modifié d'après le site internet http://www.fr.ch/snp/fr/pub/protection_biotopes/hautmarais.htm. Un facteur anthropique de dégradation d'un haut-marais est évoqué dans la dernière étape, avec l'extraction de la tourbe.

De manière générale, la formation d'un haut-marais débute par l'atterrissement d'un plan d'eau situé dans une dépression imperméable et initié par diverses espèces végétales de type roselière ou grande cariçaie ou de bas-marais (BRESSOUD, 1993 ; OFEFP, 2002 ; Figure 1.3). Au fur et à mesure du comblement, la matière végétale turfigène s'accumule sous forme de tourbe, permettant petit à petit la déconnexion de la couche supérieure de la tourbe des eaux profondes souterraines et minérales (BRESSOUD, 1993 ; OFEFP, 2002 ; Figure 1.3). Ainsi, le plan d'eau évolue d'abord en bas-marais, qui lui évolue en marais de transition, puis en haut-marais (Figure 1.3).

En Suisse, depuis 1800, 90% des hauts-marais ont disparu suite à des modifications anthropiques de leur milieu, comme l'extraction de la tourbe (Figure 1.3) ou l'exploitation agricole (GRÜNIG, 1994 ; KLAUS, 2007). L'exploitation passée de la tourbe a laissé des traces indélébiles dans les tourbières, et a surtout entraîné un assèchement ainsi qu'une oxydation et une dégradation de la tourbe, favorisant ainsi d'autres espèces végétales, comme le bouleau dans les zones sèches (OFEFP, 2002). Une régénération de ces milieux, notamment par une augmentation du niveau de la nappe, est une mesure mise en place dans la protection et la réhabilitation de ces écosystèmes (OFEFP, 2002).

Au niveau floristique, les hauts-marais, constitués d'une flore très spécialisée mais pauvre en espèces (GROSVERNIER *et al.*, 1997), sont caractérisés par une mosaïque de divers petits habitats interdépendants renfermant un type de végétation différent selon le niveau d'humidité (haut-marais = complexe de végétation ; GROSVERNIER *et al.*, 1997 ; OFEFP, 2002 ; Figure 1.4). Au centre très humide d'un haut-marais à l'état naturel (aussi appelé haut-marais primaire), on retrouve, selon la profondeur de la nappe d'eau permanente, une série d'habitats dynamiques composée de buttes – replats – mares ou gouilles (GROSVERNIER *et al.*, 1997 ; GOBAT *et al.*, 2010 ; Figures 1.4, 1.5, 1.6 et 1.7). Cette végétation typique appartient à l'alliance du *Sphagnion magellanici*. Elle abrite des sphaignes, des éricacées sur les buttes, des cypéracées, ainsi que quelques *Pinus mugo* subsp. *uncinata* rabougris (Figure 1.5). Parfois, on trouve également de petites mares acides dans lesquelles se développe très souvent une végétation de type de marais de transition (radeau tremblant, alliance du *Rhynchosporion*). Puis, au fur et à mesure que l'on s'éloigne du centre du haut-marais, l'humidité dans le sol diminue, ce qui permet l'apparition de groupements boisés composés d'espèces du genre *Vaccinium* et de mousses, comme les pinèdes sur tourbe (association *Pino-Sphagnetum*, de l'alliance du *Sphagnion magellanici*), puis plus loin les pessières sur tourbe (association *Sphagno-Piceetum*, alliance du *Vaccinio-Piceion*) (GROSVERNIER *et al.*, 1997 ; Figure 1.4). Enfin, à la lisière du haut-marais, on retrouve directement et bien souvent des prés ou prairies fauchées non humides (GROSVERNIER *et al.*, 1997 ; Figures 1.2 et 1.4). Il arrive également de trouver entre cette lisière et ces prairies d'autres milieux humides différant selon les conditions (par exemple, le taux d'humidité, la géologie, le taux de nutriments ou les

apports d'eau), comme les bas-marais (*Caricion fuscae* et *Caricion davallianae*), suivis par des prairies humides plus eutrophes (*Filipendulion* et *Calthion* ; Figures 1.2 et 1.4). Ces dernières jouent un rôle primordial dans la protection des hauts- et des bas-marais contre les fertilisants et autres apports en nutriments ou contre les eaux riches en minéraux provenant des prairies agricoles environnantes (MARTI & MÜLLER, 1994 ; MARTI *et al.*, 1997).

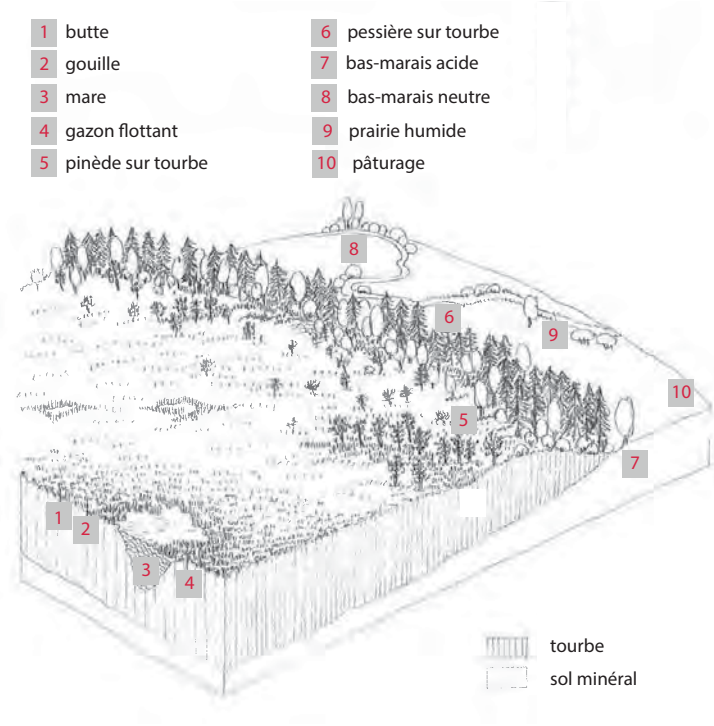


Figure 1.4 : A gauche, schéma modifié de GRÜNIG et al. (1986) et de GROSVERNIER et al. (1997) représentant la structure complexe d'un haut-marais et des divers milieux humides et moins humides qui l'entoure.

Figure 1.5 : A droite, centre de la tourbière de La Burtignière à la Vallée de Joux. Cette tourbière a servi de modèle au schéma ci-contre.

Figure 1.6 : Photo de gouille dans un haut-marais.

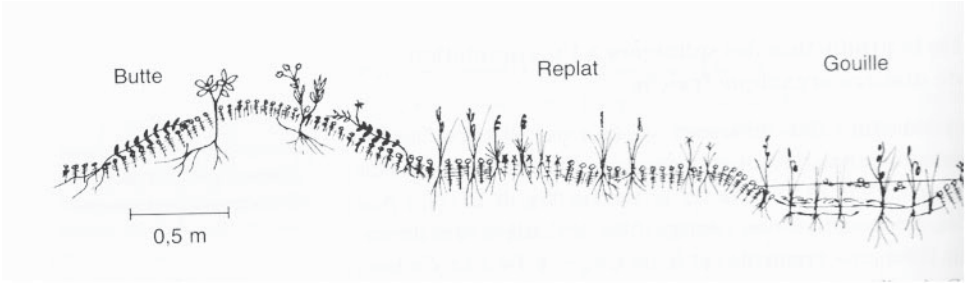


Figure 1.7 : Schéma issu de GOBAT et al. (2010) symbolisant le complexe de butte, de replat et de gouille présent dans un haut-marais.

Les marais de transition

Les marais de transition (ou marais ombro-minérogènes) sont alimentés par les eaux provenant des nappes phréatiques et des précipitations (BRESSOUD, 1993 ; ZIMMERLI, 1996). Ces milieux peuvent se trouver dans les cuvettes inondées acides et oligotrophes des hauts-marais (*Rhynchosporion,* assez rare et local en Suisse ; Figure 1.8), mais aussi dans des gouilles un peu plus eutrophes et plus productives en bordure de bas-marais (*Caricion lasiocarpae*) (ZIMMERLI, 1996 ; OFEFP, 2002). Ces marais forment ainsi des gazons ou des radeaux flottant sur ces gouilles, et sont très sensibles à l'assèchement et à l'eutrophisation (ZIMMERLI, 1996 ; DELARZE & GONSETH, 2008).
Au niveau floristique, ils possèdent des espèces de hauts-marais pauvres en nutriments ainsi que de bas-marais. On y trouve majoritairement des cypéracées, des mousses, mais aussi quelques plantes dicotylédones comme le trèfle d'eau (*Menyanthes trifoliata*) dans le *Caricion lasiocarpae* (ZIMMERLI, 1996).

Figure 1.8 : Gouille centrale à l'intérieur de la tourbière de Praz-Rodet.

Les bas-marais

Les bas-marais, composés principalement de laîches (ou *Carex)* et de bryophytes (GALLANDAT, 1982 ; DELARZE & GONSETH, 2008), sont approvisionnés par des eaux plus ou moins riches en nutriments et en minéraux, comme les eaux des nappes souterraines ou des cours d'eau, ou des eaux de ruissellement provenant des pentes aux alentours (BRESSOUD, 1993 ; BRESSOUD & GIUGNI, 1996 ; OFEFP, 2002). Cependant, ils sont aussi alimentés par les eaux pauvres en nutriments des précipitations (BRESSOUD & GIUGNI, 1996). Ces milieux sont plus productifs et plus riches en espèces que les hauts-marais (OFEFP, 2002). Comme ces milieux sont dépendants des nappes phréatiques et de leurs fluctuations ainsi que des conditions plutôt pauvres en nutriments, ces biotopes sont dangereusement exposés aux changements de l'une de ces deux caractéristiques (BRESSOUD & GIUGNI, 1996). Par exemple, il semble qu'une sécheresse perturbe le potentiel rédox du sol, et provoque une acidification de ces environnements fragiles (VAN HAESEBROECK *et al.*, 1997).

Deux alliances phytosociologiques, qui diffèrent notamment par le pH du sol et de l'eau, font partie de la catégorie des bas-marais : les bas-marais basophiles ou neutrophiles (*Caricion davallianae* KLIKA 1934) et les bas-marais acidophiles (*Caricion fuscae* W. KOCH 1926).

Les bas-marais basophiles ou neutrophiles (*Caricion davallianae*) figurent parmi les écosystèmes humides et pauvres en nutriments les plus riches en espèces d'Europe (ELLENBERG, 2010). En effet, en plus d'être riches en cypéracées, ils peuvent contenir un grand nombre d'espèces rares et peu compétitrices (OLDE VENTERINK *et al.*, 2003). Par ailleurs, l'alliance du *Caricion davallianae* est la plus fréquente des alliances des bas-marais dans les régions calcaires comme le Haut-Jura, et supporte mieux une humidité changeante (DELARZE & GONSETH, 2008).
Au contraire, les bas-marais acidophiles (*Caricion fuscae*), également oligotrophiles et caractérisés par des tapis de cypéracées, sont plus rares et dispersés, et sont notamment situés directement autour des hauts-marais, en ceinture externe, sur des sols très humides (GALLANDAT, 1982 ; DELARZE & GONSETH, 2008 ; Figure 1.9). En Suisse, cette alliance est également fréquente à l'étage alpin, et ce notamment dans les Préalpes et les Alpes (OFEFP, 2002).

Figure 1.9 : Bas-marais acidophile en bordure d'une tourbière à La Burtignière.

Dans le Haut-Jura, depuis ces dernières décennies, ces deux alliances jouent un rôle de moins en moins important dans l'économie et l'agriculture de la région (GALLANDAT, 1982). Auparavant, ces bas-marais étaient fauchés une fois par an, avec une évacuation de la litière. Mais aujourd'hui, et comme c'est le cas un peu partout en Europe et dans le monde, ces types de végétation ne sont plus exploités pour des raisons économiques (EMANUELSSON, 2009), et sont donc très sensibles à ces changements d'affectation agricole (abandon, drainage et eutrophisation ; DELARZE & GONSETH, 2008).

Les sols des bas-marais sont saturés en eau, et peuvent être tourbeux comme ceux des hauts-marais, mais peuvent également être hydromorphes non tourbeux (BRESSOUD & GIUGNI, 1996 ; GOBAT *et al.*, 2010 ; CARRERA & BRODARD, 2014). Il semble donc que ce type de

végétation soit contrôlé avant tout par le taux d'humidité et le niveau d'eau dans le sol, et peu par les autres propriétés du sol (BOLLER-ELMER, 1977 ; EGLOFF, 1986, 1994).

Les prairies humides

Dans la zonation des marais, les **prairies humides** sont fréquemment présentes entre les bas-marais et les zones agricoles (prés fauchés ou pâturés) (Figure 1.2 ; EGLOFF, 1994 ; CHARLIER, 1996 ; DELARZE & GONSETH, 2008). De plus, comme elles sont situées en bordure des bas-marais, leurs sols sont moins humides et contiennent plus d'oxygène, et par conséquent ont une meilleure activité biologique (DELARZE & GONSETH, 2008).

A l'intérieur de cette catégorie, on retrouve trois alliances appartenant à la classe des prairies agricoles des ***Molinio – Arrhenatheretea*** **TÜXEN 1937** : les alliances du *Molinion*, du *Calthion* et du *Filipendulion*. Ces alliances contiennent une végétation assez productive avec passablement de plantes monocotylédones comme les graminées, mais contiennent également des espèces dicotylédones, notamment dans les alliances du *Filipendulion* et du *Calthion* (EGLOFF, 1994 ; CHARLIER, 1996).

L'alliance du *Molinion* comprend les prairies oligotrophes à litière et à humidité variable. Elles supportent une sécheresse temporaire en été, et sont caractérisées par un sol très humide lors de la fonte des neiges (GALLANDAT, 1982 ; EGLOFF, 1994 ; DELARZE & GONSETH, 2008 ; Figure 1.10). Elles sont notamment présentes le long des cours d'eau et des berges, ainsi qu'en bordure de hauts-marais et des bas-marais, dans des zones à humidité changeante (EGLOFF, 1994). Par ailleurs, cette alliance regroupe les prairies extensives non fertilisées, fauchées une fois par année en automne avec évacuation de la litière (DELARZE & GONSETH, 2008). Riches en espèces mais peu productives, ces prairies sont caractérisées par des graminées, et notamment par la molinie (*Molinia caerulea*). Ce milieu a été largement utilisé comme pré à litière entre la fin du XIX^{ème} siècle et le début du XX^{ème} siècle (EGLOFF, 1994). Cependant, de nos jours, il est de moins en moins exploité à ces fins, provoquant la disparition de nombreuses plantes typiques typiques du *Molinion*, comme *Iris sibirica* et *Serratula tinctoria* s.str. (OFEFP, 2002). Par ailleurs, ce type de végétation est très sensible à un abandon de la fauche, aux espèces invasives, ainsi qu'à une intensification des méthodes agricoles (drainage ou eutrophisation ; DELARZE & GONSETH, 2008).

Figure 1.10 : Prairie humide du* Molinion *en bordure du lac de Joux.

L'alliance du *Calthion* correspond aux prairies humides mésotrophes fréquemment fauchées et souvent pâturées par le bétail (OFEFP, 2002 ; DELARZE & GONSETH, 2008 ; Figure 1.11). Ces prairies dépendent d'une activité agricole et possèdent des sols fertiles. Bien qu'elles tolèrent une légère eutrophisation, ces prairies ne supportent ni l'assèchement, ni une exploitation intensive, ni l'abandon de pratiques agricoles (CHARLIER, 1996). Dans ces derniers cas, elles peuvent se transformer en *Filipendulion* (cf. paragraphe ci-dessous ; OFEFP, 2002).

***Figure 1.11 : Prairie humide du* Calthion.**

Le *Filipendulion* rassemble les prairies humides eutrophes (ou mégaphorbiaies humides) composées d'une végétation nitratophile à hautes herbes, comme *Filipendula ulmaria* et *Cirsium oleraceum* (GALLANDAT, 1982). En effet, cette haute végétation, possédant un feuillage important, réduit la quantité de lumière arrivant au sol, limitant ainsi la croissance et le développement de petites plantes à sa base (CHARLIER, 1996 ; Figure 1.12). Cette alliance, composée d'une végétation très productive, comporte également des espèces hygrophiles et prairiales (CHARLIER, 1996). Elle tolère la pâture et la fauche, mais ne supporte pas une agriculture intensive, un drainage ou un envahissement par des plantes exotiques (DELARZE & GONSETH, 2008).

Ce milieu est soit d'origine humaine (défrichement de différentes forêts humides, abandon de la fauche ou de la pâture), soit d'origine naturelle (BRESSOUD & CHARLIER, 1995). Il est notamment présent en bordure de rivières, de petits ruisseaux provenant de pâturages ou en périphérie de tourbières (GALLANDAT, 1982). Dans ce dernier cas, avec l'alliance du *Calthion*, le *Filipendulion* joue en quelque sorte le rôle de zone tampon, en empêchant les nutriments d'arriver dans les milieux oligotrophes situés plus en aval (GALLANDAT, 1982 ; MARTI & MÜLLER, 1994 ; CHARLIER, 1996). Rarement fauché, ce milieu est le signe d'un abandon de la pâture ou de la fauche (OFEFP, 2002) ; il peut devenir abondant dans des zones abandonnées par l'agriculture. Ainsi, un *Calthion* non pâturé ou un *Molinion* non exploité peuvent devenir plus eutrophes et se transformer en *Filipendulion*. Ce type de végétation a aussi tendance à s'étendre dans les roselières et magnocariçaies asséchées (OBERDORFER, 1983).

***Figure 1.12 : Prairie humide du* Filipendulion.**

Les roselières et magnocariçaies

Les roselières (*Phragmition*) et magnocariçaies (*Magnocaricion,* ou prairies à grandes laîches), de la classe des ***Phragmitetea***, sont des types de végétation très pauvres en espèces, caractéristiques des zones d'atterrissement (LEUTHOLD, 1996). La roselière se trouve sur le rivage de lacs ou d'étangs, et est suivie par la magnocariçaie en direction de l'intérieur des terres. Ces milieux sont plutôt eutrophes, et contiennent très peu d'oxygène (DELARZE & GONSETH, 2008).

Les roselières sont composées d'une végétation dominée notamment par le roseau (*Phragmites australis*), une plante très compétitrice avec une très grande amplitude écologique et pouvant atteindre 2 à 4 m de haut (DELARZE & GONSETH, 2008 ; Figure 1.13). Cette alliance se trouve sur des sols détrempés, mais supporte également un assèchement périodique. Elle est très sensible à l'érosion du sol, ainsi qu'à l'eutrophisation (DELARZE & GONSETH, 2008).

Les prairies à grandes laîches sont quant à elles composées de grandes cypéracées formant des touradons typiques. Ces touradons permettent à ce milieu de ne pas craindre les fluctuations occasionnelles du niveau d'eau (DELARZE & GONSETH, 2008). Autrefois, ce type de végétation était utilisé pour la litière. Aujourd'hui, elle n'est plus entretenue, favorisant les espèces ligneuses telles que le saule (DELARZE & GONSETH, 2008).

Figure 1.13 : Roselières en bordure du lac de Joux.

1.1.3 Sols et formes d'humus des zones humides

Sols

N.B. : toutes les informations sur les sols de ce paragraphe proviennent, sauf avis contraire, du Référentiel Pédologique *BAIZE & GIRARD (2009). Les noms de RÉFÉRENCES (qui correspondent à un niveau taxonomique précis) s'écrivent en petites capitales ; les noms de groupes de RÉFÉRENCES s'écrivent en minuscules.*

Les sols sont constitués d'un ensemble d'éléments (matière minérale, matière organique, faune, eau et air) qui interagissent entre eux par des processus biologiques, physiques ou chimiques. Dans les zones humides, l'eau est le facteur principal qui détermine le fonctionnement du sol, ainsi que, dans une certaine mesure, sa nature (COWARDIN *et al.*, 1979). Dans ces conditions, un type de sol particulier, qualifié d'hydromorphe, présente des caractéristiques particulières liées à une saturation d'eau. Cette abondante présence d'eau provenant des précipitations, de ruissellement ou alors de remontées de nappe profonde, peut aussi être présente dans le sol pendant des durées différentes, allant de périodes temporaires à permanentes. Cette présence d'eau a des répercussions inévitables sur l'activité biologique ainsi que sur les processus chimiques du sol. En effet, une eau sature et occupe tous les pores du sol, limitant les échanges gazeux entre celui-ci et l'atmosphère et provoquant ainsi une anoxie. Ce manque d'oxygène diminue ou modifie par conséquent la présence de la faune et de la microflore, et donc la décomposition de la matière organique (BAIZE & GIRARD, 2009 ; GOBAT *et al.*, 2010). Une microflore anaérobie s'y installe et engendre des réactions d'oxydo-réduction et/ou de fermentation, ce qui a pour conséquence d'influencer la répartition d'éléments dans le sol (comme le fer) et/ou de produire des substances gazeuses telles que le méthane.

Selon le *Référentiel Pédologique* (BAIZE & GIRARD, 2009), trois types de sols hydromorphes existent et diffèrent selon l'origine et la durée de cette saturation en eau, et selon l'importance des conséquences qu'elle engendre :

- les sols organo-minéraux et minéraux dans lesquels les processus d'oxydo-réduction sont importants et modifient la redistribution du fer : ce sont les **réductisols** et les **RÉDOXISOLS** (GOBAT & HAVLICEK, 1996 ; BAIZE & GIRARD, 2009) ;
- les sols organiques tourbeux dans lesquels l'eau et d'autres conditions (végétation et acidité) jouent un rôle primordial dans la décomposition des matières organiques. Ces sols sont des **histosols**.

Les **réductisols** ainsi que les **RÉDOXISOLS** sont des sols minéraux dans lesquels la saturation en eau modifie, par des processus d'oxydo-réduction, la migration de quelques éléments et notamment la redistribution du fer (réduction du fer = mobilisation ; oxydation du fer = immobilisation). Ces deux types de sols diffèrent selon le type de nappe d'eau ainsi que le type de répartition du fer, ce qui se traduit par des horizons typiques différents (G ou g). Les **réductisols** sont caractérisés par des horizons réductiques (G) et par une nappe permanente fluctuant selon les saisons, alors que les **RÉDOXISOLS** sont caractérisés par des horizons rédoxiques (g) et par une nappe temporaire.
Dans les horizons réductiques (G), la répartition du fer est homogène et les taches d'oxydation ne sont présentes que périodiquement selon l'état de saturation du sol. Ainsi, un horizon **Gr est synonyme de saturation permanente et réductrice**, et possède une couleur uniforme bleuâtre à verdâtre, caractéristique du fer réduit (fer mobilisé, Fe(II)). Cependant, il arrive que la nappe permanente s'abaisse temporairement (par exemple en cas de battement fugace), ce qui permet à l'horizon G de se réoxyder et au fer de se redistribuer dans l'horizon ; on est alors en présence d'un horizon Go, **synonyme d'horizon réductique temporairement réoxydé** (GOBAT & HAVLICEK, 1996 ; BAIZE & GIRARD, 2009). Des taches de fer oxydé (couleur rouille) apparaissent alors dans la porosité. Cependant, dès que la nappe remonte, ces taches d'oxydation temporaires, synonymes d'immobilisation du fer (Fe(III)), disparaissent.
Dans les horizons rédoxiques (g ou –g), l'engorgement en eau est temporaire et typique de nappes fugaces (GOBAT & HAVLICEK, 1996 ; BAIZE & GIRARD, 2009). Ces horizons sont caractérisés par une répartition de fer hétérogène, avec des alternances de plages enrichies en fer réduit (fer mobilisé) et en fer oxydé (fer immobilisé) qui apparaissent respectivement durant les périodes de saturation puis de non-saturation en eau. Ces marbrures sont visibles de façon permanente, quel que soit l'état hydrique du sol.
Ces sols minéraux sont importants pour la végétation, premièrement car ils offrent une zone minérale d'ancrage pour les racines. Deuxièmement, l'hétérogénéité granulométrique des particules minérales et leur agencement dans le profil peuvent permettre à l'eau de percoler dans ce dernier. Par conséquent, le profil a la possibilité de s'assécher, devenant ainsi une source de nutriments pour les plantes grâce à une minéralisation plus efficace.

Les **histosols** sont des sols très riches en matière organique sous forme de tourbe. La saturation en eau présente dans le profil pendant plus de six moins par an provoque une anoxie de ce dernier. Ce manque d'oxygène permet la production ainsi que le maintien de diverses substances qui ralentissent la décomposition des matières organiques. Au contraire, un dessèchement du sol augmente sa teneur en oxygène et permet l'oxydation des matières organiques. Ainsi, si les conditions sont extrêmement saturées en eau, anoxiques et froides, les activités biologiques sont fortement réduites. Par conséquent, la matière organique ne peut pas se décomposer. La végétation turfigène située en surface, en mourant s'accumule, favorisant la formation de tourbe et par conséquent d'**horizons H** (histiques), typiques des hauts- et bas-marais tourbeux (GOBAT & HAVLICEK, 1996). Un feedback positif s'installe alors entre la végétation en surface et l'acidité de ces horizons. En effet, ces derniers, par l'acidité qu'ils renferment, ne permettent le développement que d'une flore spécialisée et adaptée à ces conditions extrêmes. Ces sols sont donc présents dans des milieux typiques et renferment un lot d'espèces végétales caractéristiques, souvent rares. Ces sols tourbeux ont également une autre particularité : ce sont des sols de mémoire. En effet, comme elle est composée de végétation et de matière organique peu ou pas dégradée, la tourbe est un important indicateur des conditions environnementales passées et des perturbations humaines (BARBER, 1993). Ainsi, ces environnements hydromorphes créent des conditions particulières dans lesquelles les interventions humaines (comme le drainage par exemple) peuvent être détectées.

Formes d'humus

N.B. : toutes les informations sur les formes d'humus de ce paragraphe proviennent, sauf avis contraire, de ZANELLA et al. *(2011). De plus, les termes donnés **EN GRAS ET PETITES CAPITALES** sont également issus de cette référence.*

Les formes d'humus reflètent l'organisation et le fonctionnement de la partie superficielle du sol, appelée « épisolum humifère » et contenant de la matière organique (BAIZE & GIRARD, 2009 ; GOBAT *et al.*, 2010 ; PONGE, 2013). Cet épisolum humifère comprend l'ensemble des horizons allant des horizons organiques (holorganiques : horizons O ; histiques : horizons H) aux horizons organo-minéraux (A), ces derniers constituant le siège où se rencontrent et se lient la matière organique et la matière minérale grâce à la faune du sol (PONGE, 2003 ; GOBAT *et al.*, 2010). Ces différents horizons ont des fonctionnements particuliers qui dépendent entre autres des conditions environnementales régnant à la surface et dans le sol (BAIZE & GIRARD, 2009). Ainsi, selon les conditions, la transformation de la matière organique ainsi que son incorporation à la matière minérale présente dans

le sol seront différentes. Par exemple, les sols plutôt secs et basiques sont composés d'une faune nombreuse et variée (PONGE, 2012). Celle-ci est très active : elle décompose efficacement la litière fraîchement tombée et l'incorpore rapidement au sol (TOUTAIN, 1981 ; PONGE, 2012). A l'inverse, dans des sols plus acides et/ou saturés en eau, la faune sera moins importante et par conséquent la décomposition de la matière organique sera grandement ralentie ou bloquée. Celle-ci ne se dégradera que très lentement, soit par une faune moins efficace résistante aux pH bas, soit, si les conditions de saturation en eau sont trop importantes, par des bactéries anaérobies (BAIZE & GIRARD, 2009 ; PONGE *et al.*, 2011 ; PONGE, 2013). Comme les activités biologiques dépendent des conditions environnementales, plusieurs formes d'humus existent. Ainsi, les formes d'humus sont considérées comme indicatrices de l'activité biologique présente dans le sol (GOBAT *et al.*, 2010).

Selon les classifications actuelles de JABIOL *et al.* (2013) et de (ZANELLA *et al.* , 2011), il existe différents types de formes d'humus, qui diffèrent selon leurs successions d'horizons diagnostiques et leur fonctionnement. Les formes d'humus situées dans les environnements hydromorphes sont appelées formes d'humus semi-terrestres, et sont divisées en **HYDROFORMES**, **EPIHISTOFORMES** et **HISTOFORMES** (Figure 1.14). Dans la clé de JABIOL *et al.* (2013), clé européenne s'inspirant de la notation de la WRB des sols (IUSS WORKING GROUP WRB, 2006), les **HYDROFORMES** sont des formes terrestres inondées périodiquement pendant moins de six mois par an (TERROFORMES précédées du préfixe « *Stagnic* »), et les **EPIHISTOFORMES** sont des formes semi-terrestres dont une partie du profil est hors d'eau pendant plus de six mois par an et l'autre est submergée durant plus de six mois par an (HISTOFORMES précédées du préfixe « *Epihistic* ») (Figure 1.14).

Chacune de ces grandes catégories peut ensuite être scindées en plusieurs types morpho-fonctionnels ou biologiques qui diffèrent selon l'efficacité de leur activité biologique et donc de la dégradation de la matière organique (Figure 1.14 ; TOUTAIN, 1981 ; JABIOL *et al.*, 2007 ; BAIZE & GIRARD, 2009 ; ZANELLA *et al.*, 2011 ; JABIOL *et al.*, 2013). Les **MULLS** sont caractéristiques d'une activité biologique efficace, alors que les **MORS** possèdent une efficacité biologique de transformation très faible, avec par contre une très forte activité mycogène (GOBAT *et al.*, 2010). Les **MODERS** présentent une activité biologique intermédiaire, les **AMPHIS** ont une double activité biologique (une activité biologique moyenne à faible en surface et une activité biologique plus efficace en profondeur), alors que les **TANGELS** sont caractérisés par une activité biologique entravée par les conditions climatiques rigoureuses. Les **HISTOFORMES** ainsi que les **EPIHISTOFORMES** selon la clé de ZANELLA *et al.* (2011) peuvent également posséder un autre type morpho-fonctionnel, **l'ANMOOR** (**EPIHISTOANMOOR** ou **HISTOANMOOR** ; Figure 1.14). Celui-ci est caractérisé par une nappe permanente plus basse en été et donc par une activité biologique importante durant cette saison (JABIOL *et al.*, 2007 ; BAIZE & GIRARD, 2009 ; ZANELLA *et al.*, 2011).

Les **HYDROFORMES** (appelés *Stagnic TERROFORMS* selon la clé européenne de JABIOL *et al.*, 2013), sont des formes d'humus semi-terrestres saturées en eau durant moins de six mois par an, typiques des milieux relativement humides subissant des remontées capillaires ou un rapide battement de nappe. En fonction de l'intensité de ces processus, on distingue les **HYDROMULLS** (ce qui correspond chez JABIOL *et al.* (2013) aux *Stagnic* EUMULLS, *Stagnic* MESOMULLS, *Stagnic* OLIGOMULLS, *Stagnic* DYSMULLS, respectivement selon la présence et l'épaisseur des horizons OL et OF), les **HYDROMODERS** (correspondant aux *Stagnic* HEMIMODERS, *Stagnic* EUMODERS, *Stagnic* DYSMODERS chez JABIOL *et al.* (2013), respectivement selon la présence et l'épaisseur de l'horizon OH) ainsi que les **HYDROMORS** (ce qui correspond à JABIOL *et al.* (2013) aux *Stagnic* HEMIMORS, *Stagnic* HUMIMORS, *Stagnic* EUMORS selon l'abondance et l'épaisseur des horizons OL, OF et OH). Ces formes d'humus contiennent toutes un horizon organo-minéral hydromorphe particulier (Ag), présent directement sous les horizons O et contenant des taches d'oxydo-réduction (Figure 1.14). Ces taches traduisent le fonctionnement actuel d'un sol (saturation temporaire de l'horizon, zone de battement de nappe) mais peuvent aussi être le reflet d'une hydromorphie ayant eu lieu dans le passé (JABIOL *et al.*, 2007 ; BAIZE & GIRARD, 2009). Il existe également deux autres types d'**HYDROFORMES** sur sols calcaires caractérisés par un double fonctionnement biologique entre la surface et la profondeur, les **HYDROAMPHIS** ainsi que les **HYDROTANGELS**. Ces derniers ne seront pas présentés, notamment parce qu'ils sont très mal connus et qu'il n'existe quasi aucune information sur leur fonctionnement (BAIZE & GIRARD, 2009 ; ZANELLA *et al.*, 2011).

L'**HYDROMULL** est une forme d'humus se formant lors d'un engorgement très fugace ou alors lors d'une très faible remontée capillaire (BAIZE & GIRARD, 2009). Cette brève hydromorphie se traduit par la présence d'un horizon holorganique de litière (OL) peu épais, avec parfois un horizon holorganique fragmenté (OF) présent en poches, reposant directement sur un horizon organo-minéral hydromorphe (Ag). Ainsi, ces conditions plus ou moins aérées en surface permettent la présence d'une faune abondante et efficace (vers de terre anéciques en particulier ; BARNAUD & FUSTEC, 2007), qui à son tour, permet une rapide décomposition et intégration de la matière organique dans les horizons sous-jacents. Cette efficacité biologique est également mise en évidence par la structure grumeleuse ainsi que par la stabilité du complexe argilo-humique de l'horizon organo-minéral se situant juste en dessous des horizons holorganiques.

L'**HYDROMODER** est une forme d'humus se développant lorsque l'engorgement est saisonnier et court (dû à une nappe perchée ou à la remontée rapide d'une nappe profonde) mais un peu plus intense que dans le cas des

HYDROMULLS (BAIZE & GIRARD, 2009). Il existe des HYDROMODERS dans des milieux acides, dans lesquels l'acidité contraint davantage l'activité et l'efficacité de la faune que l'engorgement, et également dans des milieux neutro-alcalins dans lesquels la transformation et l'intégration des matières organiques sont complètement liées au niveau de l'engorgement (BAIZE & GIRARD, 2009). Ainsi, comme l'activité biologique et son efficacité sont amoindries soit par l'acidité, ou soit par le niveau de l'eau, cette forme d'humus contient des horizons holorganiques OL, OF et OH reposant directement sur un horizon organo-minéral Ag à structure massive, foncé et comprenant de nombreux signes d'asphyxie et d'oxydation. Dans ces conditions, la matière organique est lentement décomposée par la faune (sauf par les vers de terre anéciques, qui sont absents ; BARNAUD & FUSTEC, 2007) et s'intègre mal dans l'horizon organo-minéral, d'où la présence d'un horizon de matière organique humifiée OH massif et d'un horizon organo-minéral composé d'une juxtaposition de matière minérale et de fragments de végétaux.

L'**HYDROMOR** est une forme d'humus montrant une succession d'horizons (OL / OFnoz / OH) se développant dans un milieu périodiquement saturé d'eau, ce qui est le cas en présence d'une nappe fluctuante présente à la surface (rédoxique) ou en profondeur (réductique) (BAIZE & GIRARD, 2009). Étant la forme d'humus la plus saturée en eau des **HYDROFORMES**, elle est caractérisée, en plus des horizons OL et OFnoz, par un horizon holorganique humifié OHnoz assez épais et noir et de consistance grasse (ZANELLA *et al.*, 2011 ; JABIOL *et al.*, 2013). Cet horizon repose directement sur un horizon organo-minéral Ag également noir et à structure massive, composé d'une juxtaposition de matière minérale et de matériel végétal. En général, la très lente décomposition de la matière organique est assurée par des champignons. En effet, la faune n'est pas très à l'aise dans ce milieu périodiquement saturé en eau, notamment en ce qui concerne les vers anéciques (BROLL *et al.,* 2002 ; BARNAUD & FUSTEC, 2007 ; GAUBERVILLE, 2011).

Les **HISTOFORMES** sont des formes semi-terrestres se développant dans des milieux saturés en eau et ce durant plus de six mois par an. Ces conditions de saturation d'eau ralentissent considérablement la dégradation de la matière organique et l'activité de la faune et de micro-organismes aérobies. Ainsi, la matière organique s'accumule sous forme de tourbe, reflétée par les horizons histiques H (Figure 1.14).

Les **HISTOMULLS** sont des formes d'humus tourbeuses typiques des sols tourbeux drainés. Cet assèchement permet une biodégradation (humification et minéralisation) très efficace de la matière organique, notamment grâce à la présence des trois catégories de vers de terre ainsi que des enchytréides. Ces formes d'humus sont donc caractérisées par une dominance d'horizons histiques dégradés (très humifiés et minéralisés), les horizons sapriques zoogènes Hszo.

Les **HISTOAMPHIS** sont situés dans des zones où la saturation en eau est un peu plus importante que dans les **HISTOMULLS**. Ainsi, principalement due à des vers épigés et endogés, ainsi qu'à des enchytréides, l'humification y est très importante alors que la minéralisation l'est un peu moins, notamment à cause de l'absence des vers anéciques. Cette forme d'humus contient donc des horizons histiques pas ou très peu décomposés Hf (fibriques) et Hm (mésiques), ainsi que des horizons histiques sapriques humifiés par la faune (Hszo). En cas de drainage, les vers anéciques peuvent apparaître et dégrader activement la matière organique : cette forme d'humus peut rapidement évoluer vers un **HISTOMULL**.

Les **HISTOMODERS** sont caractérisés par une baisse de la décomposition de la matière organique (humification et minéralisation) par rapport aux HISTOFORMES précédentes. Les conditions du milieu, un peu plus acides, limitent la présence de la faune, à l'exception des enchytréides. La matière végétale non dégradée peut s'accumuler, notamment dans le type **FIBRIHISTOMODER**. Dans la forme **SAPRIHISTOMODER**, qui est un peu plus basique et moins saturée en eau, les quelques vers présents additionnés aux enchytréides dégradent lentement la tourbe.

Les **HISTOMORS,** présents dans des environnements acides et très saturés en eau, ne contiennent aucune présence d'organismes aérobies. La matière organique n'est pas décomposée et s'accumule. Cette forme d'humus est donc caractérisée par des horizons histiques très fibreux Hf.

Les **HISTOANMOORS** sont des formes d'humus soumises à un engorgement prolongé dû à une nappe permanente fluctuante. Au printemps, cette nappe sature l'entier du profil. En été, elle s'abaisse, permettant aux horizons supérieurs et à une partie de l'horizon organo-minéral caractérisitique (horizon d'anmoor, An) d'être hors de l'eau et d'être colonisés par la faune, avec notamment des vers de terre. Cette faune, abondante dans les périodes de nappe basse, dégrade (humification et minéralisation) rapidement la litière en surface et l'incorpore à l'horizon organo-minéral, donnant une structure mésogrumeleuse et une couleur très noire à ce dernier. Cette structure est cependant très instable : elle est détruite par la remontée de la nappe et devient plastique et collante.

Les **EPIHISTOFORMES** sont des formes semi-terrestres se développant dans des milieux saturés en eau. Elles comportent des horizons histiques (H) caractéristiques de la saturation en eau durant plus de six mois par an, ainsi que des horizons organo-minéraux hydromorphes synonymes d'une saturation inférieure à six mois par an (Ag) (Figure 1.14). Une partie du profil est donc saturée en

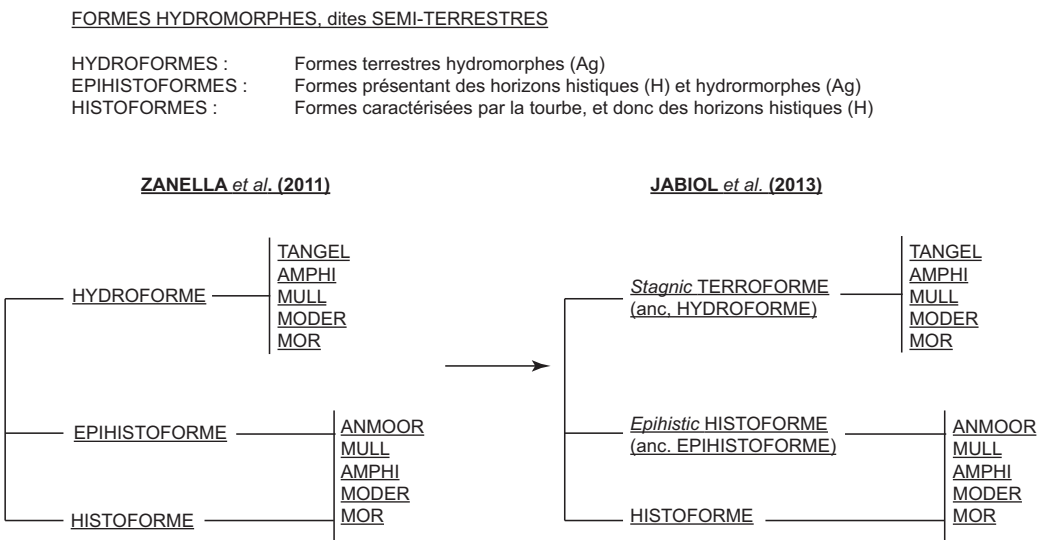


Figure 1.14 : Schéma résumant les formes d'humus présentes dans les environnements hydromorphes selon les classifications de ZANELLA* et al. *(2011) et de JABIOL* et al. *(2013).

eau, l'autre se situe hors de l'eau. Elles peuvent être synonymes **d'HISTOFORMES** en formation (la surface se sature en eau, ce qui permet la formation de tourbe). Elles peuvent également représenter l'inverse, traduisant alors le passage d'une **HISTOFORME** vers une **HYDROFORME**, du plus humide au moins humide. Dans un gradient d'augmentation de l'activité biologique, on retrouve les **EPIHISTOANMOORS** (dans lesquels la dégradation de la matière organique est maximale, et qui sont donc composés d'une surface périodiquement exposée à l'air oxydant), les **EPIHISTOMULLS,** les **EPIHISTOAMPHIS,** les **EPIHISTOMODERS** et les **EPIHISTOMORS** (qui représentent une activité biologique minimale à cause d'une acidité et d'une saturation en eau, et sont donc caractérisés par une surface saturée en eau de façon permanente avec l'apparition d'horizons histiques fibriques, Hf).

1.2 Contexte de l'étude

1.2.1 Disparition et dégradation avérées des bas-marais et des hauts-marais dans le monde et en Suisse

D'une manière générale, la plupart des marais présents dans le monde et en Suisse – et notamment les bas-marais régionaux du Haut-Jura – sont secondaires et sont plus précisément le résultat des activités humaines, comme les défrichements, les déboisements ainsi que les drainages partiels (abaissement du niveau des lacs par exemple) effectués avant le XVIII^{ème} siècle (KÜTTEL, 1994b). En effet, de nombreuses zones de forêts humides ont été déboisées et parfois drainées, fournissant ainsi et immédiatement de vastes surfaces exploitables et exploitées par l'agriculture, comme des prairies à litière, des pâturages ou des prés de fauche permanents (BERSET, 1969 ; KÜTTEL, 1994b ; EMANUELSSON, 2009). Sur les sites étudiés, et notamment sur le site de la Burtignière, les forêts humides présentes dans la zone de Praz-Rodet ont été déboisées pour augmenter la proportion de surfaces agricoles, ce qui a eu un effet sur la tourbière de Praz-Rodet en y favorisant par exemple la croissance du pin à l'intérieur (MITCHELL *et al.,* 1996 ; MITCHELL *et al.,* 2001). Ces zones humides déboisées ont par la suite et durant des siècles été fauchées et/ou pâturées de façon extensive, permettant ainsi leur maintien dans le paysage ainsi que leur diversification au niveau floristique et fonctionnel. Cependant, dès le début du XX^{ème} siècle, après avoir connu un apogée économique dans ces milieux durant le XIX^{ème} siècle, les techniques agricoles – associées à l'exploitation croissante de la tourbe et à l'urbanisation croissante – ont changé (**intensification ou abandon des pratiques agricoles**, cf. paragraphes suivants), participant par conséquent à la modification de la qualité de ces milieux semi-naturels ainsi qu'à leur disparition (BROGGI, 1990 ; GRÜNIG, 1994). En effet, comme la survie de ces écosystèmes humides et semi-naturels requiert un certain type d'exploitation agricole régulière et extensive (VAN ANDEL & ARONSON, 2006), une quelconque modification de ces pratiques agricoles (VAN DIGGELEN *et al.*, 2006 ; WASSEN *et al.*, 2006) ont des impacts importants sur ces écosystèmes fragiles, provoquant d'importantes pertes de biodiversité et de sévères dégradations, ainsi que favorisant le retour de ces milieux à la forêt (BRAGG & LINDSAY, 2003 ; VASANDER *et al.*, 2003 ; MOUNTFORD *et al.*, 2006). En Suisse, plus des 90% de la surface des bas-marais et 80 à 90% des tourbières ont disparu depuis 1800 (GRÜNIG, 1994). Le constat est identique dans d'autres parties du monde : les écosystèmes marécageux et tourbeux ne cessent de décliner en surface et en qualité

(BRAGG & LINDSAY, 2003), laissant un paysage morcelé et composé uniquement de reliques.

Dans le but de ralentir la dégradation de ces milieux semi-naturels, des lois de protection ont été introduites, notamment en Suisse grâce à la votation de l'initiative de Rothenthurm, acceptée par le peuple suisse en 1987. Depuis, grâce à cette initiative, tous les paysages marécageux, comme les marais et les tourbières présentant un intérêt national, sont protégés (GRÜNIG, 1994). Cependant, de nos jours, en dépit du fait qu'un bon nombre de ces écosystèmes semi-naturels sont protégés par les lois et sont suivis par un monitoring spécial, ces biotopes continuent à se dégrader, et leur qualité biologique continue de diminuer (PAULI *et al.*, 2002 ; KLAUS, 2007 ; GRAF *et al.*, 2010).

Dans un contexte **d'intensification de l'exploitation agricole**, trois processus sont connus pour affecter négativement les zones humides : (1) le surpâturage (WYL *et al.*, 1992), (2) l'eutrophisation (EGLOFF, 1986) et (3) l'assèchement (GRABHER, 1998).

(1) Le surpâturage est fréquemment un problème dans les zones tourbeuses ou non (ainsi que dans d'autres milieux), notamment parce que le nombre de têtes de bétail est souvent beaucoup trop élevé par rapport au potentiel du biotope (WYL *et al.*, 1992). Cela induit un tassement des couches superficielles du sol, provoquant un mélange des horizons supérieurs et modifiant par conséquent le régime hydrique de ces biotopes pâturés ; ceci favorise alors la croissance et le développement des espèces du genre *Juncus.* Le surpâturage dans les sols tourbeux peut aussi fractionner la tourbe et l'exposer à l'air libre, provoquant ainsi la dégradation de la matière organique. Dans ce cas-là, la minéralisation de la tourbe peut être une source de fertilisation indirecte de ces milieux. Le piétinement peut également provoquer une destruction directe de la végétation, notamment dans les zones composées de sphaignes (WYL *et al.*, 1992).

(2) Premièrement, les nutriments peuvent provenir par apports ou épandages directs de fertilisants. Ces cas sont impossibles dans les milieux humides suisses, puisque dans ceux-ci, les lois en vigueur y interdisent ce procédé. Deuxièmement, les nutriments peuvent provenir de plusieurs sources indirectes (MARTI *et al.*, 1997), comme : des **dépôts atmosphériques** (azote en particulier), du **ruissellement des pâturages et autres prairies fertilisés situés aux alentours de la zone humide**, et des **eaux riches en éléments nutritifs** provenant par exemple des inondations, de la nappe phréatique ou des eaux courantes. Troisièmement, et comme expliqué plus bas au point (3), ces apports en nutriments peuvent également résulter d'un assèchement de la zone humide. Cette eutrophisation favorise l'apparition d'espèces nitratophiles du *Filipendulion* et du *Calthion* (BOLLER-ELMER, 1977 ; EGLOFF, 1986). En ce qui concerne les dépôts atmosphériques azotés, il a déjà été démontré que ceux-ci ont un effet particulièrement négatif sur de nombreux milieux, comme les écosystèmes prairiaux (MORECROFT *et al.*, 1994 ; PHOENIX *et al.*, 2012 ; WESCHE *et al.*, 2012 ; ROTH *et al.*, 2013 ; DIEKMANN *et al.*, 2014 ; MAUCHAMP, 2014) ; ils ont donc également une incidence sur les écosystèmes humides, notamment les tourbières et autres milieux oligotrophes (MORRIS, 1991 ; AERTS *et al.*, 1992 ; SHOTYK *et al.*, 1997 ; BERENDSE *et al.*, 2001 ; BRAGAZZA *et al.*, 2004 ; PHOENIX *et al.*, 2012).

(3) L'assèchement peut se produire de plusieurs manières différentes : par le drainage, l'endiguement et la recolonisation forestière (GRABHER, 1998). Lors d'un drainage, le niveau de la nappe phréatique est abaissé, ce qui élève la concentration d'oxygène dans le sol et augmente l'efficacité de la décomposition de la matière organique, puis, par conséquent, augmente aussi le taux de nutriments dans la nappe phréatique et le sol (VAN BEEK *et al.*, 2004). Le drainage cause des perturbations à la structure du sol, au régime hydrique et au type de végétation (ZEITZ & VELTY, 2002). Dans les sols tourbeux, la tourbe est minéralisée, ce qui augmente le taux de nutriments dans le sol et la nappe phréatique (VAN BEEK *et al.*, 2004 ; TIEMEYER *et al.*, 2007). Cet assèchement provoque la perte de plantes typiques et l'apparition d'espèces de prairies (GIUGNI, 1991 ; GRABHER, 1998). Par ailleurs, plus le niveau de la nappe phréatique est haut avant le drainage, plus l'impact sera négatif sur la végétation (KLÖTZLI, 1969). En fait, les espèces typiques sont remplacées par une végétation de milieux plus mésophiles et plus pauvres en espèces, dominée par *Molinia caerulea* (GIUGNI, 1991 ; GRABHER, 1998) et par d'autres espèces de prairies. La végétation des zones humides peut aussi être remplacée par une végétation nitratophile, contenant notamment *Filipendula ulmaria* et *Eupatorium cannabinum* (GRABHER, 1998). Ainsi, à cause du drainage, les bas-marais de type *Caricion davallianae* ou les prairies marécageuses de type *Molinion* peuvent devenir des mégaphorbiaies marécageuses de type *Filipendulion* et peuvent également être dominés par le roseau *Phragmites australis* (GRABHER, 1998). Les bas-marais acidophiles (*Caricion fuscae*) ont tendance à devenir plus riches en molinie (*Molinia caerulea*) et ensuite à être colonisés par les espèces du *Filipendulion* si la sécheresse continue et s'accentue (GRABHER, 1998). L'endiguement ainsi que la recolonisation forestière peuvent aussi être une cause de l'assèchement des zones humides (GRABHER, 1998). En effet, ces deux processus abaissent le niveau de la nappe phréatique, ce qui induit les mêmes effets que le drainage, c'est-à-dire la libération de nutriments, la perte des plantes typiques de ces zones humides, tout cela à cause de la dégradation de la tourbe et de la matière organique en milieu oxique.

L'abandon de l'exploitation agricole a aussi un impact négatif sur ces biotopes humides. Depuis le XX^{ème} siècle, après avoir été extensivement utilisés pour la litière, le pâturage ou la fauche pendant des siècles, la plupart des bas-marais et autres milieux humides sont abandonnés, ceci à cause de leurs faibles intérêts économiques (EMANUELSSON, 2009). Par exemple, la végétation de

quelques alliances pauvres en nutriments comme le *Caricion davallianae* ou le *Molinion,* était auparavant fauchée une fois par année et la litière évacuée, maintenant ces milieux dans des conditions oligotrophes par exportation continue des nutriments (DELARZE & GONSETH, 2008). Ainsi, l'abandon de la fauche peut induire une augmentation de nutriments et peut par conséquent mener à un changement dans la végétation (RAUSCH, 1996). De plus, comme la fauche et le pâturage empêche le développement d'arbres et de buissons (MIDDLETON *et al.*, 2006), l'abandon de ces pratiques agricoles peut accélérer le retour de la forêt, en favorisant la colonisation de ces milieux semi-naturels par des espèces ligneuses, comme les espèces du genre *Salix*, l'épicéa (*Picea abies*) et les aulnes (*Alnus incana* et *Alnus glutinosa*) (WYL *et al.*, 1997). A noter également, que l'abandon de ces pratiques peut également induire un assèchement (puis une eutrophisation) par l'augmentation de l'évapotranspiration du milieu qu'il provoque (HORTON, 1973 ; SEEBER & SEEBER, 2005).

En plus des changements de l'exploitation agricole et de l'utilisation des terres, il est également très probable que les zones humides soient affectées par les changements climatiques. Il est maintenant prouvé que les températures globales augmentent et que le couvert neigeux diminue sur l'ensemble du globe (OFEV/OFS, 2011 ; CH2014-IMPACTS, 2014 ; IPCC, 2014). Les scénarios de changements climatiques prédisent une augmentation des températures tout au long de l'année, une augmentation des précipitations hivernales mais une diminution de celles-ci en été (OFEV/OFS, 2011 ; CH2014-IMPACTS, 2014 ; IPCC, 2014). Ainsi, il est très probable que la fréquence des sécheresses en été, tout comme les variations saisonnières seront plus élevées. Ceci aura un effet indéniable sur les marais et leur fonctionnement sur le long terme. A noter également, qu'une augmentation des températures et une baisse des précipitations peut provoquer l'augmentation de l'évapotranspiration d'un milieu, et donc induire un assèchement, puis indirectement une eutrophisation.

Beaucoup de ces changements provoquent des perturbations non négligeables sur le régime hydrique, affectant ainsi les zones humides de façon négative, et particulièrement les systèmes à nappe phréatique comme les bas-marais (GROOTJANS *et al.*, 2006). Ces changements induisent de profondes transformations dans les communautés végétales, avec une disparition des types de végétation typiques des zones humides, et l'apparition d'une autre flore, comme celle caractéristique de prairies grasses. Une modification du régime hydrique due à un changement de l'exploitation agricole ou du climat peut être la cause de transformations dans la végétation et dans le sol. Par exemple, cela peut mener à une diminution de l'humidité dans le sol (BOLLENS *et al.*, 2001 ; GUNNARSSON *et al.*, 2002 ; KLAUS, 2007 ; BERGAMINI *et al.*, 2009 ; GRAF *et al.*, 2010), à une perte d'humus et de lumière disponible sur le sol (BOLLENS *et al.*, 2001 ; GUNNARSSON *et al.*, 2002 ; PAULI *et al.*, 2002 ; BERGAMINI *et al.*, 2009 ; GRAF *et al.*, 2010), à une augmentation des nutriments disponibles dans le sol (eutrophisation) et à son acidification (TER BRAAK & WIERTZ, 1994 ; VAN HAESEBROECK *et al*., 1997). De plus, la réserve en nutriments semble augmenter la biomasse au-dessus du sol (PAULI *et al*., 2002).

1.2.2 Importance des études synchroniques et diachroniques dans la caractérisation de milieux et dans l'identification des changements dans un écosystème

N.B. : toutes les informations du paragraphe suivant proviennent, sauf avis contraire, de l'ouvrage de LEPART & ESCARRE (1983).

Dans l'étude de la végétation, deux approches ou études sont couramment utilisées : l'approche dite synchronique et l'approche dite diachronique.
L'approche synchronique ou indirecte est une approche faite à une période donnée, et qui permet d'obtenir des informations sur le milieu à cet instant donné, comme l'agencement spatial de milieux végétaux (zonation) et leur composition floristique dans un endroit. Comme elle permet d'avoir des informations écologiques sur le milieu à un instant donné, cette approche permet aussi de dégager, sous certaines conditions, des informations sur les successions végétales et donc sur les modifications du milieu, notamment grâce à l'analyse de la composition floristique et l'agencement spatial de ces milieux.
Les études diachroniques (ou approche directe), quant à elles, sont généralement faites sur le long terme. Ce sont des outils importants permettant d'évaluer la réponse des écosystèmes aux changements et donc d'observer leur évolution dans un laps de temps donné. Par exemple, pour la végétation, ces études diachroniques ont une importance cruciale pour détecter les changements dans la composition floristique sur plusieurs décennies. Comme les études synchroniques, elles permettent de connaître l'état actuel de la végétation, mais également d'obtenir une comparaison directe entre cette végétation actuelle et l'ancienne. Aujourd'hui, l'importance de ces études est de plus en plus reconnue dans l'évaluation de la réponse des écosystèmes à des changements. Par conséquent, ces études sont de plus en plus conduites dans le but d'estimer la réponse de la végétation aux changements environnementaux ou humains dans différents écosystèmes (par exemple : FOJT & HARDING, 1995 ; NORDBAKKEN, 2001 ; GUNNARSSON *et al.*, 2002 ; BENNIE *et al.*, 2006 ; VITTOZ *et al.*, 2008 ; WILSON & NILSSON, 2009 ; GRAF *et al.*, 2010 ; DANIËLS *et al.*, 2011 ; KAPFER *et al.*, 2011 ; KAPFER *et al.*, 2012 ; WESCHE *et al.*, 2012 ; DIEKMANN *et al.*, 2014 ; MAUCHAMP, 2014).

Dans une étude diachronique, la détection des changements de végétation se fait en utilisant des données botaniques anciennes, qui sont comparées aux actuelles. De telles études échantillonnent la végétation selon deux approches : (i) en utilisant des placettes

permanentes (les anciens relevés datés sont relocalisés très précisément grâce aux coordonnées géographiques ou sont délimités sur le terrain par une marque ou une plaque de métal enfouie dans le sol, et sont ensuite ré-échantillonnés ; BAKKER *et al.*, 1996 ; CHYTRÝ *et al.*, 2013), ou (ii) en utilisant des placettes non-permanentes (les anciens relevés phytosociologiques sont relocalisés et ré-échantillonnés grâce à des variables comme des dessins, des signes ou d'autres indications provenant du botaniste ; CHYTRÝ *et al.*, 2013). L'utilisation de placettes permanentes est la méthode idéale pour le suivi de la végétation (BAKKER *et al.*, 1996) ; cependant, ils n'ont guère été mis en place avant les années 80 (avec quelques exceptions, comme LÜDI (1940, 1945)). Dans ce cas, l'utilisation des placettes non-permanentes, comme celle de relevés historiques provenant de cahiers de notes de botanistes, est un moyen intéressant de révéler des changements floristiques (CHYTRÝ *et al.*, 2013). En effet, ces jeux de données historiques contiennent une grande quantité d'informations botaniques pertinentes mais inexplorées et oubliées, et peuvent par conséquent être une base intéressante pour les études diachroniques. Cependant, il est primordial que ces relevés soient bien relocalisés. Dans le cas contraire, cela peut amener un biais dans l'interprétation des résultats (CHYTRÝ *et al.*, 2013).

1.2.3 Dynamique de la végétation dans les marais

Tout type de végétation, dans n'importe quel milieu, évolue dynamiquement, pour atteindre la stabilité. Un changement quelconque d'origine naturelle ou anthropique des conditions régnant dans le milieu peut induire une modification de l'abondance relative d'une ou plusieurs espèces végétales présentes dans le milieu et donc mener à un changement de végétation plus ou moins rapide (GLEASON, 1917 ; GLEASON, 1927). Actuellement, d'après plusieurs auteurs, les processus de succession végétale sont des phénomènes complexes qui dépendent largement de l'échelle de temps et d'espace (GRAY *et al.*, 1984 ; GLENN-LEWIN *et al.,* 1992), mais sont également le résultat de l'influence de nombreux facteurs physiques, environnementaux, chimiques et biologiques (LEPART & ESCARRE, 1983 ; MITSCH & GOSSELINK, 2007). Plus précisément, les changements des communautés végétales résultent : (i) de modifications de la composition floristique ainsi que de l'interaction des plantes avec le sol (développement et colonisation de la végétation, apport de matière organique au sol, succession autogénique ; NIERING, 1987 ; NOON, 1996 ; CAMPBELL *et al.*, 2002), (ii) de changements des conditions de l'habitat (succession allogénique ; NIERING, 1987 ; MITSCH & GOSSELINK, 2007), (iii) de l'établissement de nouvelles espèces, mais également (iv) de facteurs anthropiques pouvant causer la destruction de l'habitat (VAN DER VALK, 1981). De plus, ces changements floristiques sont complètement corrélés avec l'intensité ainsi que la durée du changement. Ainsi, les changements floristiques peuvent être très rapides, notamment lors d'intenses perturbations, mais peuvent également être lents, typiquement dans les habitats extrêmes comme la toundra (GLEASON, 1917 ; GLEASON, 1927 ; PRACH *et al.*, 1993).

En ce qui concerne les **milieux humides**, il semble que toute modification ayant lieu dans ces milieux provoque assez rapidement des changements dans leur composition floristique. Ceci peut être confirmé par le fait que de nombreuses études diachroniques ont démontré des changements significatifs de végétation dans les milieux humides, et ce même en utilisant un laps de temps assez court (5 ans : GUNNARSSON & FLODIN (2007) ; < 10 ans : GRAF *et al.* (2010) ; 11 ans : BERGAMINI *et al.* (2009) ; 19 ans : BOLLENS *et al.* (2001) ; 28 ans : CHAPMAN & ROSE (1991) ; 30 ans : FOJT & HARDING (1995) ; 40 ans : GUNNARSSON *et al.* (2002) ; 50 ans : KAPFER *et al.* (2011) ; 60 ans : BACKEUS (1972)). Ainsi, comme déjà dit précédemment (cf. paragraphe 1.2.1), ces changements observés sont majoritairement dus à une eutrophisation provenant d'une part, d'une modification de leur exploitation agricole (abandon qui conduit à une eutrophisation ; surpâturage ou intensification ; fertilisation directe) mais provenant aussi d'autre part, d'apports en nutriments par ruissellement depuis les pâturages ou par les dépôts atmosphériques azotés. En effet, dans une zone humide, les types de végétation sont tous interconnectés dynamiquement et écologiquement. Dans sa thèse, GALLANDAT (1982) a démontré que ces types de végétation sont distribués spatialement selon des facteurs écologiques, comme l'acidité, le taux d'humidité, la quantité et la disponibilité des nutriments et l'exploitation agricole (Figure 1.15). Ainsi, en fonction de ces conditions, une végétation différente sera trouvée (GALLANDAT, 1982). Ces milieux humides sont aussi soumis à une dynamique anthropique, liée à l'exploitation agricole et aux taux d'humidité décroissante et d'eutrophisation croissante. En effet, et comme vu précédemment (cf. paragraphe 1.2.1), la plupart des types de végétation dans ces conditions humides, comme les *Caricion davallianae*, *Caricion fuscae*, *Molinion*, *Calthion* et *Filipendulion* sont d'origine anthropique (milieux semi-naturels) et ont besoin d'une activité agricole raisonnable – donc sans intensification ni abandon – pour subsister (Figure 1.16 ; GRÜNIG, 1994 ; VAN DIGGELEN *et al.*, 2006). Durant les XIX^{ème} et XX^{ème} siècles, ces milieux ont été exploités comme prés à litière, prés de fauche ou pâturages, ce qui a par conséquent permis de stabiliser les types de végétation existants (BERSET, 1969 ; EMANUELSSON, 2009). Or, depuis, comme la pratique agricole dans ces milieux n'est pas économiquement rentable, ils ne sont plus exploités et sont abandonnés, accélérant ainsi la vitesse des changements de leur composition floristique (VAN DIGGELEN *et al.*, 2006 ; WASSEN *et al.*, 2006). Par ailleurs, l'augmentation continuelle des teneurs en azote et des dépôts atmosphériques de plus en plus importants depuis la révolution industrielle provoquent irrémédiablement des

changements dans un laps de temps plus ou moins court (MORRIS, 1991 ; AERTS *et al.*, 1992 ; SHOTYK *et al.*, 1997 ; BERENDSE *et al.*, 2001 ; PAULI *et al.*, 2002 ; BRAGAZZA *et al.*, 2004 ; PHOENIX *et al.*, 2012).

Tout ceci démontre donc qu'un laps de temps de 40 ans est suffisant scientifiquement afin de détecter des changements dans la composition floristique des milieux humides. Par ailleurs, ce laps de temps semble également pertinent dans d'autres milieux (prairies suisses, < 8 ans : BÜHLER & ROTH (2011) ; toundra, < 10 ans : CHAPIN *et al.* (1995) ; prairies Jura français, 20 ans : MAUCHAMP (2014) ; prairies allemandes, 25 ans : KAHMEN *et al.* (2002) ; prairies Jura suisse, 35 ans : FISCHER & STÖCKLIN (1997) ; toundra, 40 ans : DANIËLS *et al.* (2011) ; montagnes suédoises, 40 ans : ODLAND *et al.* (2010) ; prairies alpines suisses, > 40 ans : VITTOZ *et al.* (2009) ; prairies grasses anglaises, 49 ans : BENNIE *et al.* (2006) ; prairies allemandes, 50 ans : WESCHE *et al.* (2012) ; prairies allemandes, 70 ans : DIEKMANN *et al.* (2014) ; montagnes norvégiennes, 68 ans : KLANDERUD & BIRKS (2003) ; montagnes norvégiennes, 86 ans : FELDE *et al.* (2012) ; montagnes arctiques, entre 19 et 80 ans : KAPFER *et al.* (2012) ; forêts de hêtres tchèques, 60 ans : HÉDL (2004)). En effet, la majorité des études diachroniques effectuées dans d'autres milieux que les zones humides utilisent un laps de temps moyen de 40 ans tout en observant des changements de végétation.

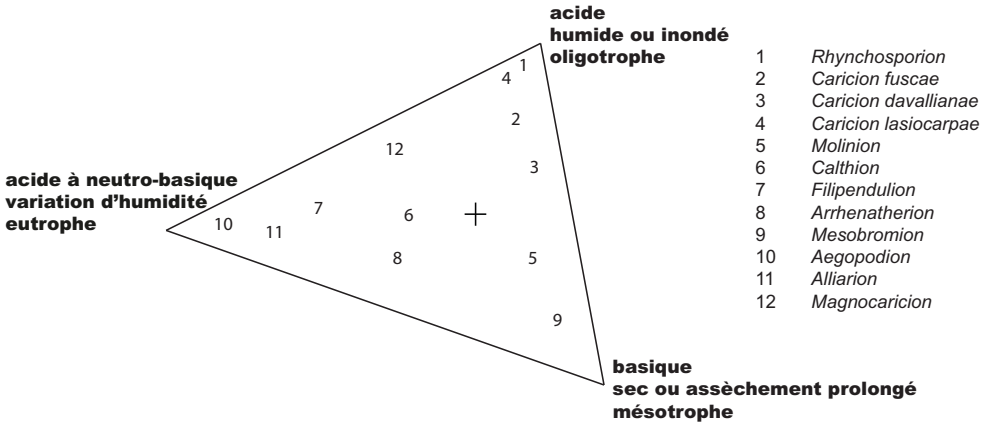


Figure 1.15 : Relations et liens écologiques entre différentes alliances de milieux humides et de milieux secs. Modifié de GALLANDAT (1982).

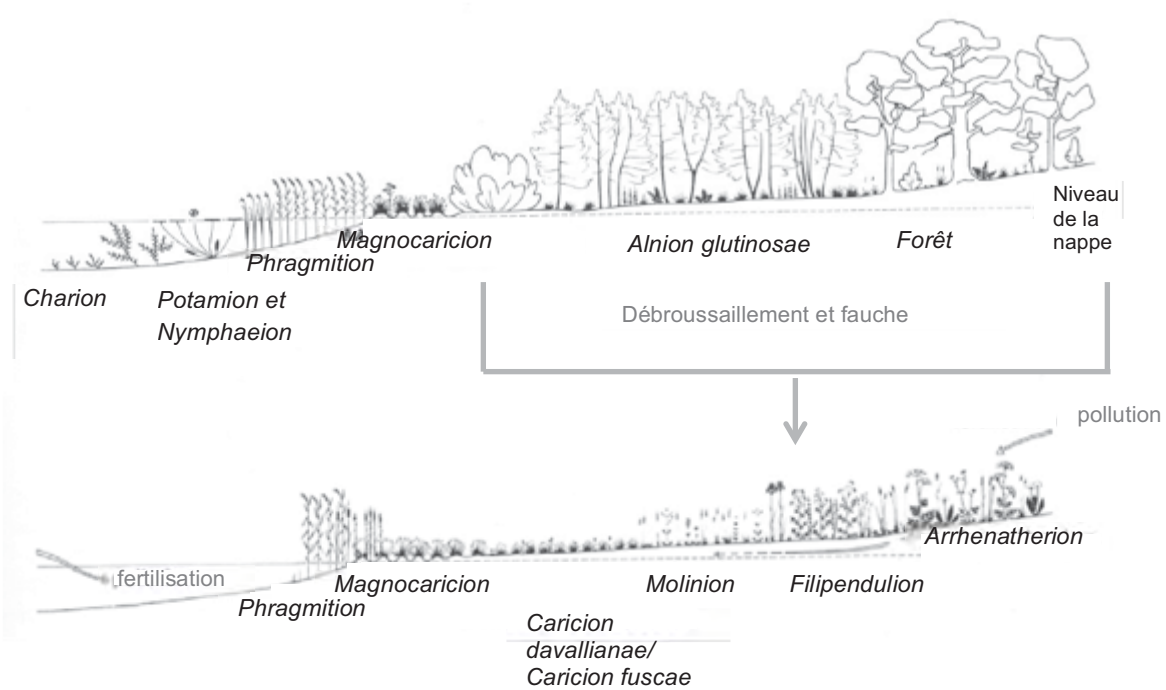


Figure 1.16 : Types de végétation trouvés potentiellement proche d'un lac à basse altitude, sans intervention humaine (en haut) et après intervention de l'homme (fauche, débroussaillement et fertilisation). Modifié de CHAPPUIS (1993).

1.2.4 La thèse de Jean-Daniel Gallandat comme base du présent travail

Jean-Daniel Gallandat est un botaniste suisse qui a étudié les marais et prairies marécageuses (*Molinietalia, Scheuchzerio-Carcicetea fuscae* et *Phragmitetea*) à la Vallée de Joux et dans le Jura français, mais aussi dans d'autres parties du Haut-Jura (GALLANDAT, 1982). Plus de mille relevés phytosociologiques ont été faits entre 1974 et 1988, dans le but de comprendre la végétation des zones humides de l'ensemble des sites étudiés et d'établir un synsystème de référence pour la région. Par ailleurs, en 1977, il a levé des cartes phytosociologiques pour les trois sites étudiés, deux à la Vallée de Joux (Le Sentier et La Burtignière) et l'autre en France (lacs de Bellefontaine et des Mortes) (Annexe A.1). Les relevés phytosociologiques (avec une liste de toutes les espèces présentes et leur recouvrement dans chaque relevé) figurent dans ses cahiers de terrain.

La thèse de GALLANDAT (1982) ainsi que les anciens relevés que ce dernier a effectué sont une base pertinente et très intéressante à utiliser. Tout d'abord, toutes ces données phytosociologiques contiennent beaucoup d'informations importantes, pertinentes et quasi oubliées. Les utiliser est donc un bon moyen de les mettre en valeur. Par ailleurs, ces relevés, réalisés entre 1974 et 1988, constituent une bonne base dans une étude de suivi, puisqu'ils ont été effectués pour la plupart il y a suffisamment longtemps pour que des changements floristiques soient détectables (écart de 40 ans en moyenne, cf. paragraphe 1.2.4). De ce fait, l'utilisation de la thèse et des anciens relevés de GALLANDAT (1982) est très pertinente dans une étude concernant des changements de végétation.

1.2.5 Les formes d'humus et leur utilité dans la détection des causes des changements de végétation dans les marais

Comme cela a été dit précédemment (cf. paragraphe 1.2.1), les marais subissent actuellement de nombreuses détériorations et changements floristiques, et voient notamment leur surface diminuer drastiquement (cf. paragraphe 1.2.1). Cependant, dans ces études, les causes de ces changements ont été généralement estimées grâce à l'évolution des valeurs indicatrices de Landolt pour chaque période étudiée (LANDOLT *et al.*, 2010). Aucune de ces études n'a encore essayé de corréler ces changements avec les formes d'humus, alors qu'il semble que ces dernières aient un grand potentiel en tant qu'indicateurs de changements (PONGE, 2003).

Les formes d'humus reflètent notamment, grâce à la succession verticale ou temporelle de leurs horizons, le fonctionnement de l'épisolum humifère (BAIZE & GIRARD, 2009 ; GOBAT *et al.*, 2010 ; PONGE, 2013). Ce dernier, considéré comme une charnière spatio-temporelle entre la végétation et le sol (GOBAT *et al.*, 2010), constitue le siège de la transformation de la matière organique fraîche, et est plus précisément l'endroit où se rencontrent et se lient la matière organique et la matière minérale, grâce à la faune du sol (PONGE, 2003 ; GOBAT *et al.*, 2010 ; PONGE, 2013). Cette partie supérieure du sol, qui a son propre fonctionnement, comprend donc l'ensemble des horizons organiques (holorganiques : horizons O ; histiques : horizons H) et organo-minéraux (A). Ces différents horizons ont des fonctionnements particuliers dépendant entre autres des conditions environnementales régnant à la surface et dans le sol (BAIZE & GIRARD, 2009). Ainsi, selon les cas, la transformation de la matière organique ainsi que son incorporation à la matière minérale du sol sera différente. Influencée par la végétation mais influençant également cette dernière, la forme d'humus est donc révélatrice du fonctionnement et de la biodiversité du milieu ; elle est un intégrateur primordial des facteurs influençant la transformation et la régulation de la matière organique ainsi que son intégration à la matière minérale (efficacité et activité biologique, énergie lumineuse et thermique, présence ou non d'eau, pH et qualité de la litière, climat, géologie ; BAIZE & GIRARD, 2009 ; PONGE *et al.*, 2011 ; PONGE, 2013). Étant donné que l'épisolum humifère est révélateur de tous ces facteurs, les formes d'humus sont des outils importants dans la compréhension actuelle et passée de la dynamique d'un écosystème, ainsi que de son évolution. En effet, la modification de l'un de ces facteurs (par exemple de la composition de la faune du sol ou de la végétation, ou un déboisement dans le cas de nombreux marais) va se traduire par un changement de la forme d'humus (BERNIER & PONGE, 1994 ; PONGE, 2012, 2013), Celui-ci pourra être détecté bien des années après la perturbation initiale. Ainsi, dans les marais, pour la plupart d'origine humaine et issus de défrichement et de déboisement, les formes d'humus, de par leur capacité à conserver des indices sur le passé, contiennent dans leurs horizons (à plus ou moins grande profondeur, en fonction du moment de l'apparition de la perturbation), des indications sur ce passé forestier.

Tout comme le fait la sédimentologie par l'étude de l'accumulation de différentes couches de sédiments dans divers milieux (= archives de l'histoire de la Terre ; FÖLLMI, 2011), les successions verticales des horizons des formes d'humus (et des sols) peuvent généralement être employées comme des indicateurs diachroniques, impliquant ainsi une notion de dynamique. En effet, comme précisé ci-dessus, les horizons plus anciens se situent plus en profondeur que les horizons les plus récents. L'utilisation des formes d'humus comme indicateur temporel a notamment déjà été démontré dans les écosystèmes forestiers (BERNIER & PONGE, 1994 ; PONGE, 2012, 2013), mais elle n'a jamais été validée ni testée dans les milieux humides, qui peuvent parfois être situés en relation avec des systèmes complexes (comme les systèmes fluviaux ou lacustres). Cependant, parfois,

les successions d'horizons en pédologie n'impliquent pas forcément une dynamique, et ne sont ainsi pas interprétables temporellement. En effet, il est parfois difficile voire impossible de trouver une relation entre la dynamique d'une forme d'humus ou d'un sol (et donc sa succession d'horizon verticale) et celle de la végétation. Par exemple, dans les marais ou les zones alluviales, l'évolution d'un milieu peut être plus ou moins lente selon les conditions écologiques ou les actions anthropiques qui y règnent, participant ainsi à des inerties différentes entre la végétation et les sols (BUREAU *et al.*,1994 ; CORNALI, 1997). De plus, la position d'un milieu par exemple dans des zones sujettes à de rapides modifications, comme en bordure de rivières, joue également un rôle dans la dynamique d'un milieu. Il se peut en effet que des crues mais également des événements extrêmes changent les successions verticales des sols par érosion et par dépôts, ceci en changeant ou non le fonctionnement propre du sol. Ainsi, comme la végétation réagit prioritairement au fonctionnement du sol (GOBAT *et al.*, 2010), celle-ci pourra ou non se modifier. La position dans le paysage ainsi que les facteurs écologiques ou conditions du milieu considéré sont donc des points essentiels puisqu'ils permettent d'expliquer et de donner des indications sur ces évolutions différentes.

En résumé, bien que peu utilisées dans les études actuelles écosystémiques ou de modifications de la végétation, les formes d'humus semblent être de bons prédicteurs de la stabilité ou du déséquilibre d'un écosystème (PONGE, 2003 ; PONGE & CHEVALIER, 2006). En tant que charnière spatio-temporelle, elles sont ainsi de bons indicateurs des caractéristiques d'un écosystème, fournissant par exemple des informations écologiques sur la vitesse de décomposition ou de minéralisation de la matière organique. Elles semblent en effet avoir été pertinentes dans d'autres milieux et notamment en forêt (BERNIER & PONGE, 1994). Il n'y a donc aucune raison qu'elles ne puissent pas l'être en milieux humides. Par ailleurs, elles sont plus intéressantes et pertinentes à utiliser dans une étude de changements de végétation que les sols en entier, puisqu'elles évoluent beaucoup plus rapidement que ces derniers et sont plus facilement atteignables. Les formes d'humus semblent donc être très utiles dans la détection et l'explication de changements récents, passés ou futurs dans n'importe quel écosystème (BERNIER & PONGE, 1994 ; PONGE, 2003 ; BULLINGER-WEBER *et al.*, 2007 ; PINTO *et al.*, 2007 ; EGLI *et al.*, 2009 ; PONGE *et al.*, 2011).

BILAN (ce que l'on sait, et ce qu'il reste à savoir !) :

1) La disparition et la dégradation de nombreux marais sont avérées en Europe et en Suisse. En effet, de nombreuses études ont démontré des changements de végétation dans ces milieux notamment à cause (1) d'une eutrophisation provenant majoritairement des modifications dans les pratiques agricoles (arrêt de la fauche et de la pâture, fertilisation directe ou indirecte provenant des pâturages aux alentours) ou provenant des dépôts atmosphériques, et, (2) d'un assèchement, qui peut lui aussi, agir directement ou indirectement sur la quantité de nutriments relâchée dans un écosystème. Ces études concernent des zones assez larges. Ainsi, on pourrait se demander quelle est l'évolution des marais présents dans une zone plus restreinte, et qui plus est, située dans une région des montagnes jurassiennes possédant un mésoclimat humide, particulier de vallée fermée (1000 m d'altitude, froid, précipitations intenses, lacs, brouillards et brumes), c'est-à-dire à la Vallée de Joux et la combe de Chapelle-des-Bois en France. Une telle situation n'est abordée dans aucune des études citées, bien que des régions semblables occupent de vastes surfaces de moyenne montagne en Europe ; le massif jurassien pourrait ainsi servir de modèle explicatif pour d'autres zones.

2) De plus, cette région contient de très nombreuses anciennes données issues de relevés effectués par GALLANDAT (1982) dans les années 70 et 80 dans la région jurassienne de la Vallée de Joux (Suisse) et de Chapelle-des-Bois (France). Ces données renferment des informations importantes et non publiées en totalité. Elles sont cependant très importantes à valoriser, et très pertinentes à utiliser dans un but d'étude de dynamique ou de changement de végétation dans un laps de temps d'environ 40 ans.

3) Par ailleurs, les formes d'humus n'ont guère été utilisées dans la détection des causes des changements de végétation, alors qu'elles semblent avoir un fort potentiel indicateur. Il est donc pertinent d'étudier et d'utiliser les formes d'humus afin de détecter les causes des modifications de la végétation.

4) Les relations entre les types de végétation et les sols, ainsi qu'entre les types de végétation et les formes d'humus, sont peu connues dans les milieux humides. Pour cela, il est nécessaire d'étudier de façon synchronique les correspondances entre les types de végétation et les types de formes d'humus, ainsi que celles qui existent entre la végétation et les sols. Obtenir des informations sur ces trois compartiments de l'écosystème peut non seulement permettre d'avoir de nombreuses indications sur les caractéristiques des milieux mais également sur leur fonctionnement et parfois leur dynamique et évolution.

Par ailleurs, concernant les formes d'humus, une étude ciblée sur ce compartiment de l'écosystème permet d'améliorer les connaissances actuelles (qui sont plutôt pauvres en ce qui concerne les milieux humides) et de proposer des suggestions concernant les classifications existantes (ZANELLA *et al.*, 2011 ; JABIOL *et al.*, 2013).

1.3 Objectifs de la thèse

L'objectif principal de cette thèse est de mettre en évidence les changements potentiels dans la végétation des marais du Haut-Jura sur une échelle de quelques décennies, puis d'en identifier les causes grâce aux valeurs indicatrices de Landolt (LANDOLT *et al.*, 2010), et enfin, fait nouveau, grâce à l'étude actuelle des formes d'humus.

Afin d'atteindre cet objectif principal lié à la conservation des milieux, cette recherche – qui se fonde sur l'utilisation de nombreux anciens relevés provenant de la thèse de GALLANDAT (1982), sélectionnés puis relocalisés sur le terrain lors de ce travail (cf. section 2.2) – est scindée en deux approches : une approche diachronique (chapitre 4), combinée à une approche synchronique actuelle (chapitre 3). Comme les formes d'humus n'ont pas été étudiées par GALLANDAT (1982) dans sa thèse, il n'existe aucun point de départ ou de comparaison au niveau de ce compartiment de l'écosystème pour les relevés sélectionnés. Ainsi, pour combler ce manque, cette approche diachronique a besoin de données sur les formes d'humus provenant d'une approche synchronique pour être réalisée. C'est en fait la forme d'humus elle-même qui, par la succession verticale de ses horizons, apporte l'aspect diachronique. Ainsi, dans **l'approche synchronique**, l'étude des formes d'humus est complétée par celle des sols et de la végétation actuelle, ce qui permet d'avoir d'une part une **meilleure connaissance de chacun de ces trois compartiments de l'écosystème sur les sites étudiés, et d'autre part d'avoir une vue d'ensemble actuelle du fonctionnement et des caractéristiques des écosystèmes humides étudiés**. Un schéma résumant les deux approches est trouvé à la Figure 1.17.

Dans chacune de ces deux approches figurent les différents objectifs exposés ci-dessous sous forme de questions. Ils sont également retrouvés à l'intérieur des chapitres ou sections correspondantes. Les démarches des deux approches sont différentes : l'approche synchronique (chapitre 3) est inductive et donc ne contient aucune hypothèse. L'approche diachronique est quant à elle hypothético-déductive et contient quelques hypothèses qui sont reprises dans les sections 4.1 et 4.2, ainsi que dans la synthèse dans le chapitre 5.

N.B. : Comme cela a déjà été dit, l'étude synchronique est présentée avant l'étude diachronique, ceci car elle permet d'avoir une présentation complète des formes d'humus avant que ces dernières soient reprises dans l'identification des causes des changements de végétation dans l'approche diachronique.

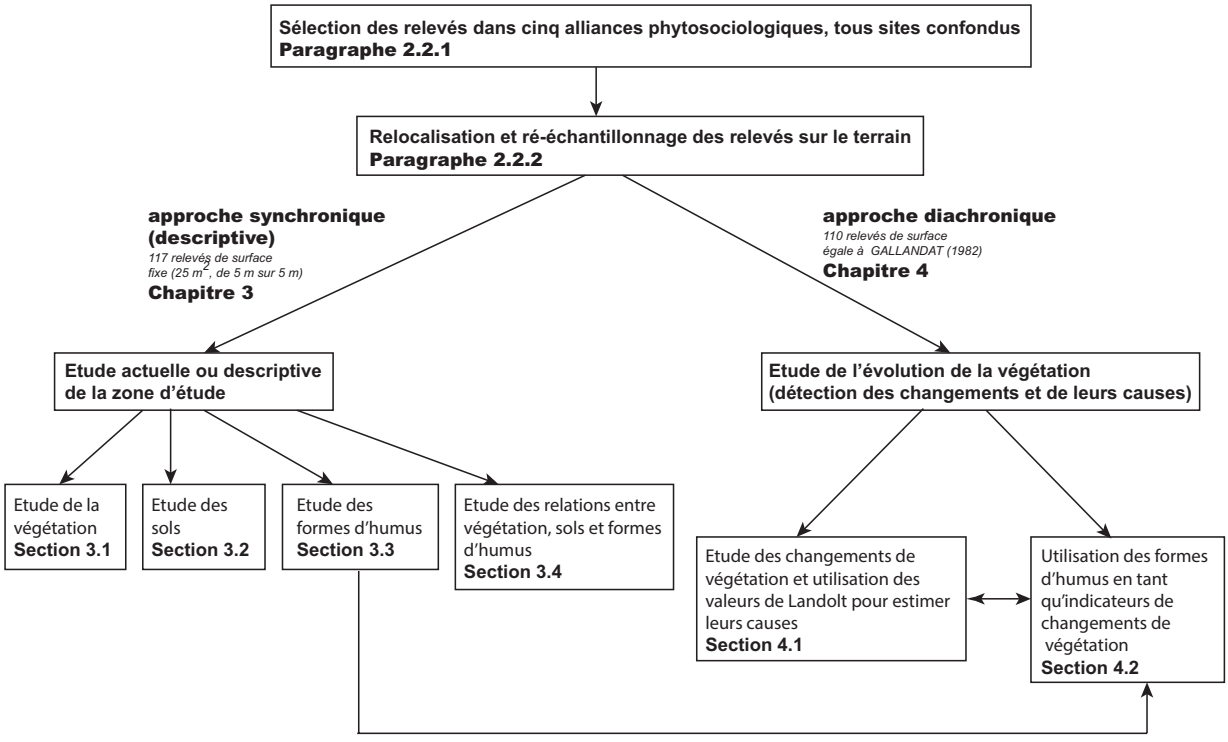


Figure 1.17 : Aperçu du déroulement de la thèse, avec les deux approches et les différents chapitres, sections et paragraphes.

CHAPITRE 3 : ETUDE SYNCHRONIQUE (ACTUELLE) SUR LA VEGETATION, LES SOLS ET LES FORMES D'HUMUS

Section 3.1 Description de la végétation

Section 3.2 Description des sols

Section 3.3 Description des formes d'humus

Section 3.4 Étude de la relation entre sols, formes d'humus et végétation

Le but principal de ce chapitre est **d'étudier les aspects et caractéristiques actuels de l'ensemble des sites étudiés** (Haut-Jura Suisse et français, et plus précisément dans la Vallée de Joux pour la partie Suisse (VD) et Chapelle-des-Bois pour la partie française (départements du Doubs et du Jura)) **en ce qui concerne la végétation, les sols et les formes d'humus, et de détecter les relations ou correspondances existant entre les types de végétation trouvés et les types de sols et de formes d'humus.** Pour cela, aux emplacements des anciens relevés de GALLANDAT (1982) sélectionnés, la végétation, puis les sols et les formes d'humus actuels sont décrits (cf. section 2.2).

Section 3.1 : Quels sont les types de végétation actuels trouvés dans les milieux humides présents dans l'ensemble des sites étudiés ? Y a-t-il des spécificités de végétation dans chaque site ?

Dans cette partie, la végétation actuelle composant l'ensemble des relevés échantillonnés est décrite. Pour cela, des relevés de la végétation actuelle sont effectués à l'emplacement des anciens relevés de GALLANDAT (1982), et sont utilisés pour déterminer les types de végétation présents actuellement dans l'ensemble des sites étudiés.

Section 3.2 : Quels sont les types de sols actuels trouvés dans ces zones humides ? Quelle est la diversité de l'ensemble des sites étudiés ?

Au milieu de chacune des surfaces des relevés phytosociologiques, les sols sont décrits dans le but d'obtenir une représentation de tous les sols présents dans les sites étudiés, bien sûr selon l'échantillonnage mis en place (sondages pédologiques ou profils).

Section 3.3 : Quels sont les types de formes d'humus actuels trouvés dans ces zones humides ? Sont-elles diversifiées ? Permettent-elles de dégager des tendances sur les sites étudiés en ce qui concerne leur état actuel et leur devenir ?

Les formes d'humus sont décrites en tant que telles, de manière plus détaillée que le sol mais en même temps que ce dernier. Deux clés sont utilisées pour classer les formes d'humus : celles de ZANELLA *et al.* (2011) et de JABIOL *et al.* (2013).

Section 3.4 : Quelles sont actuellement les relations entre les sols, les types de végétation et les formes d'humus trouvés dans ces zones humides ? Qu'indiquent ces relations, et particulièrement l'utilisation des formes d'humus, sur le fonctionnement ainsi que l'état de conservation de ces écosystèmes ?

Des correspondances entre les sols, la végétation et les formes d'humus sont établies, ceci afin de voir s'il existe des relations entre la végétation et les sols, et entre la végétation et les formes d'humus dans les marais des sites étudiés. Il s'agit ici de déterminer les caractéristiques de chaque type de végétation (alliance phytosociologique) en terme de sols et de formes d'humus, afin de mettre en évidence le fonctionnement et les caractéristiques de chaque milieu et son état de conservation (qui représente la stabilité ou au contraire l'instabilité d'un milieu).

CHAPITRE 4 : ETUDE DIACHRONIQUE

Section 4.1 Détection des changements floristiques dans cinq alliances phytosociologiques, ainsi que les causes de ces changements grâce à l'utilisation des valeurs indicatrices de Landolt.

Section 4.2 Utilisation des formes d'humus afin de détecter les causes édaphiques de ces changements.

Le but principal de ce chapitre est **la détection des changements floristiques dans cinq alliances phytosociologiques appartenant aux bas-marais et aux prairies marécageuses dans les sites d'étude, sur une échelle d'environ 40 ans (période allant de 1974 à 2012), ainsi que de leurs causes.** Pour cela, aux emplacements des anciens relevés de GALLANDAT (1982) sélectionnés, de nouveaux relevés phytosociologiques sont effectués selon les mêmes méthodes utilisées par GALLANDAT (1982) (cf. section 2.2). Les anciens relevés sont ensuite comparés aux nouveaux effectués afin de détecter les changements de végétation. Ensuite, le but est d'identifier les causes de ces changements, d'abord grâce aux valeurs de Landolt puis grâce à l'utilisation des formes d'humus. Dans ce cas, la végétation actuelle et la végétation ancienne sont mises en correspondance avec les formes d'humus décrites dans la section 3.3.

Section 4.1 : Sur une échelle de quelques décennies (période allant de 1974 à 2012), est-ce qu'il y a des changements au niveau de la végétation dans les trois sites de zones humides du Haut-Jura, comme cela a déjà été démontré dans d'autres pays ou d'autres régions de Suisse ?

Les nouveaux relevés effectués sont comparés de façon globale aux anciens effectués de GALLANDAT (1982) afin de détecter les changements de végétation.

Hypothèse : On s'attend à ce que la végétation ait globalement changé durant ce laps de temps, ce qui a déjà été démontré dans les milieux humides présents en Suisse et dans d'autres pays.

Section 4.1 : Si c'est le cas, quels sont les types de végétation qui ont le plus changé durant ce laps de temps ?

Les nouveaux relevés effectués sont comparés aux anciens effectués de GALLANDAT (1982) afin de détecter les changements de végétation en fonction des alliances.

Hypothèse : On peut s'attendre à ce que les changements soient plus importants dans les milieux tourbeux et oligotrophes.

Vers quoi tendent ces changements de végétation ? Plus précisément, quelles sont les causes de ces modifications pouvant être révélées par l'utilisation des valeurs indicatrices de Landolt (section 4.1) et des formes d'humus (section 4.2) ? Que nous indiquent les formes d'humus dans ce cas ?

L'identification des causes de ces changements, est faite premièrement grâce à la comparaison des valeurs de Landolt entre les paires d'anciens et nouveaux relevés (section 4.1), puis grâce à l'utilisation des formes d'humus décrites à la section 3.3 (section 4.2).

Hypothèses : On peut s'attendre à ce que les milieux deviennent globalement plus riches en azote. Les formes d'humus comportent des horizons plus azotés en surface (horizons Ah ou An). De plus, on peut s'attendre à ce que les milieux s'assèchent, ce qui se traduit dans les formes d'humus par une surface plus sèche que le reste du profil. Par ailleurs, on peut s'attendre à ce que les formes d'humus, de par leur fonctionnement et leur situation à l'interface du sol et de la végétation, donnent de précieuses informations sur les causes des changements de végétation.

CHAPITRE 2

METHODES

Ce chapitre présente premièrement la description des sites étudiés (avec leurs situation géographique, climat, géologie, géomorphologie, végétation, faune, histoire et activités humaines). Puis figure une description des méthodes générales utilisées pour la sélection et la relocalisation des relevés anciens de GALLANDAT (1982) ainsi que pour la description des sols et des formes d'humus.

2 METHODES

2.1 Cadre de l'étude : sites étudiés

Trois sites présents dans le Haut-Jura et localisés à environ 1000 m d'altitude sont étudiés : deux sont situés en Suisse et le troisième se trouve en France (Figures 2.1 et 2.2). Pour la partie suisse, les milieux humides d'intérêt se trouvent dans la Vallée de Joux, dans le canton de Vaud. En France, ce sont les marais et tourbières de Chapelle-des-Bois qui sont étudiés (départements du Doubs et Jura en Franche-Comté). Des cartes phytosociologiques de ces trois sites sont disponibles et ont été levées par Jean-Daniel Gallandat en 1977 (GALLANDAT, 1982 ; Annexe A.1).

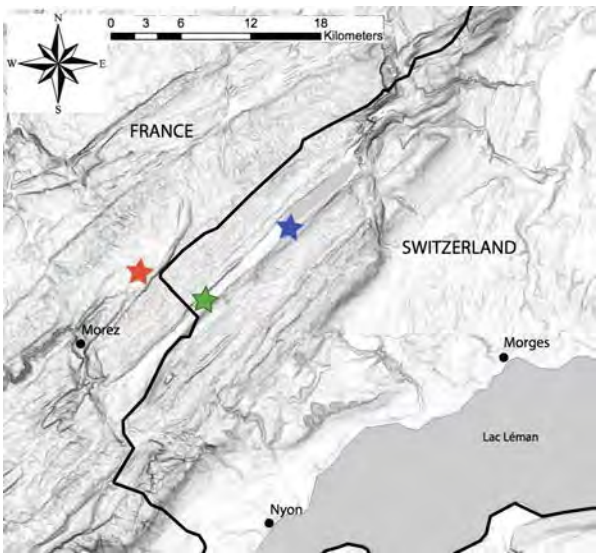


Figure 2.1 : Situation générale des sites étudiés (en rouge : Chapelle-des-Bois en France ; en bleu et vert : Vallée de Joux dans le Jura vaudois suisse, sites du Sentier en bleu, et de La Burtignière en vert). Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).

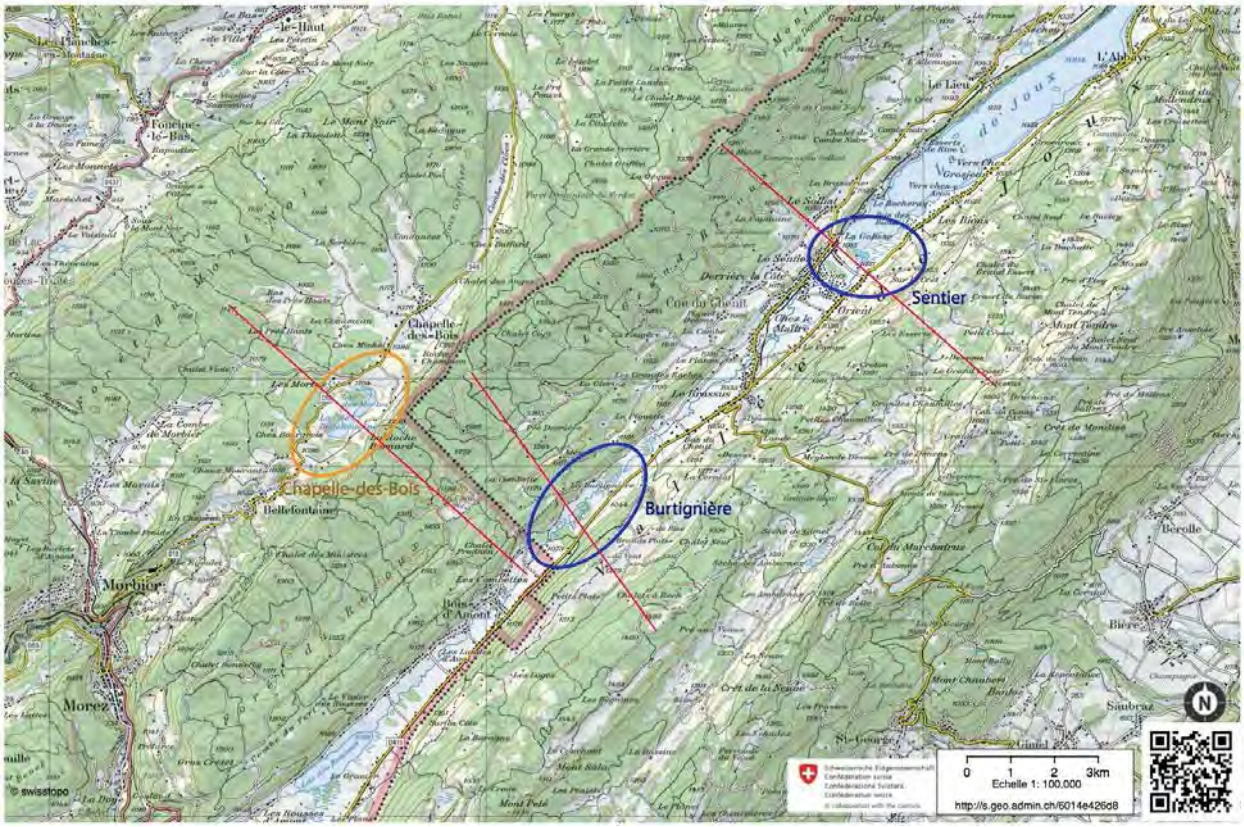


Figure 2.2 : Carte modifiée de l'Office fédéral de topographie (tirée du site internet http://map.geo.admin.ch), présentant la situation des trois sites d'étude dans le Jura vaudois suisse (Vallée de Joux : sites de La Burtignière et du Sentier, ellipses bleues) et dans le Jura français (Chapelle-des-Bois, départements du Jura et du Doubs, ellipse orange). Les traits rouges localisent les coupes géologiques effectuées sur chaque site et présentées dans les paragraphes 2.1.1 (Vallée de Joux) et 2.1.2 (Chapelle-des-Bois).

Aux points de vue géologique et stratigraphique, cette région du Jura est composée de roches sédimentaires qui se sont déposées durant **l'ère Secondaire (de 170 à 66 millions d'années)**, suite à la présence d'une mer recouvrant toute l'Europe occidentale actuelle (AUBERT, 1987). Cette **ère secondaire**, divisée en trois grandes périodes dont le **Jurassique** (de 200 à 145 millions d'années) et le **Crétacé** (de 145 à 65 millions d'années), est composée d'une succession de couches rocheuses qui diffèrent entre elles selon leur composition, tant minérale que cristallographique (AUBERT, 1941, 1987 ; FALCONNIER, 1951 ; BICHET & CAMPY, 2009 ; Figure 2.3).

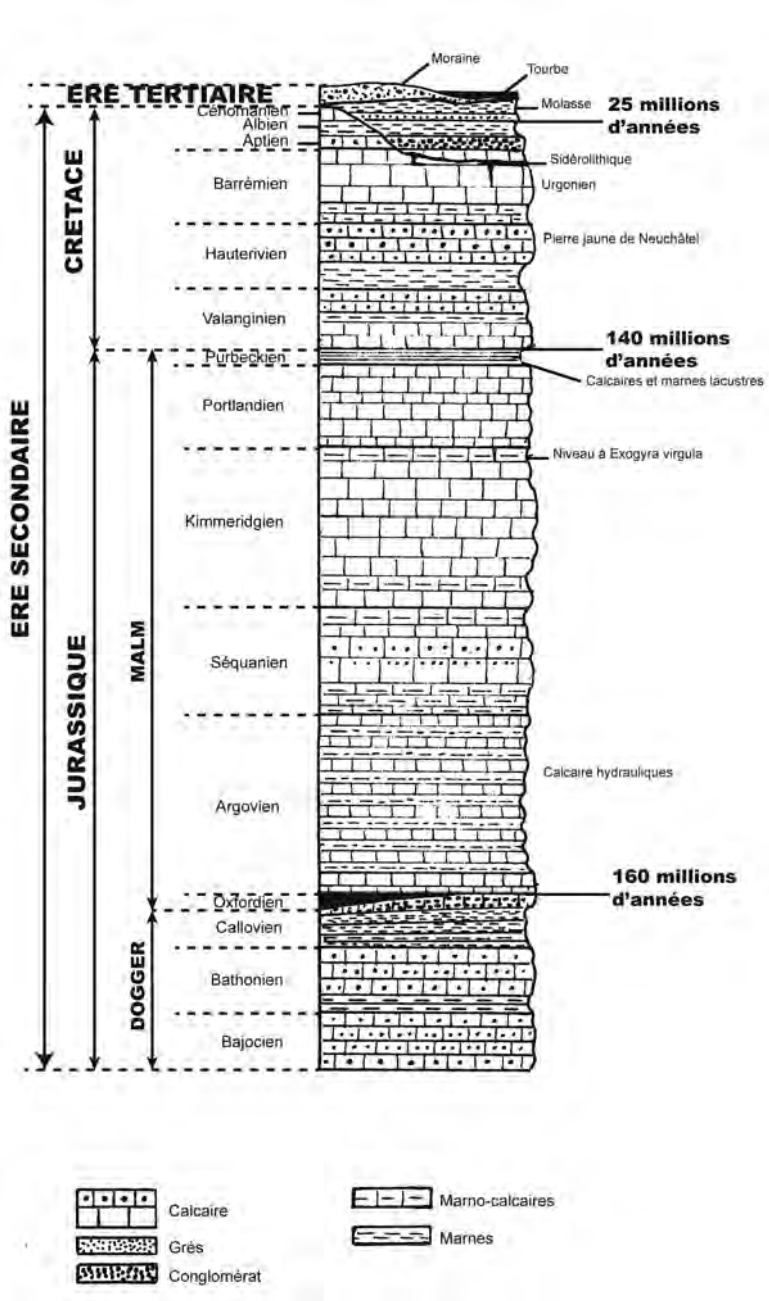


Figure 2.3 : Stratigraphie présente dans l'ensemble des sites étudiés. Modifiée d'après AUBERT (1987).

Le **Jurassique** est divisé en plusieurs séries dont le **Dogger** (Jurassique moyen, de 175 à 161 millions d'années) et le **Malm** (Jurassique supérieur, de 161 à 145 millions d'années) (Figure 2.3).

Le **Dogger (Jurassique moyen, de 175 à 161 millions d'années)** comprend plusieurs étages, comme le Bajocien (171 à 167 millions d'années, complexes de calcaires jaunes et foncés avec du calcaire oolithique) ; le Bathonien (de 167 à 164 millions d'années, calcaires marneux et calcaire spathique) ; et le Callovien (de 164 à 161 millions d'années, succession de marnes, de marno-calcaires et d'une dalle de calcaire dur nacré).

Le **Malm (Jurassique supérieur, de 161 à 145 millions d'années)** comprend également plusieurs étages, comme l'Oxfordien au sens strict (de 161 à 159 millions d'années, couche de marne bleue très réduite) ; l'Argovien (de 159 à 157 millions d'années, succession de marno-calcaires et de calcaires hydrauliques jaunes feuilletés) ; le Séquanien (de 157 à 155 millions d'années, succession de calcaires, de marno-calcaires et de calcaires oolitiques et coralligènes) ; le Kimméridgien (de 155 à 150 millions d'années, succession de calcaires oolithiques et compacts, puis de marnes, puis de marno-calcaires et enfin de calcaires compacts) ; le Portlandien (de 150 à 145 millions d'années, série de calcaires compacts, résistants à la base, puis marno-calcaires et calcaires dolomitiques au sommet) ; et le Purbeckien (vers 145 millions d'années, formation lacustre composée de succession de marno-calcaires, de calcaires d'eau douce et de grès). Les calcaires du Séquanien, du Kimméridgien et du Portlandien sont très épais et constituent notamment les lapiez du Risoux et du Mont-Tendre (AUBERT, 1987 ; BICHET & CAMPY, 2009).

Le **Crétacé** (de 145 à 65 millions d'années) est également divisé en plusieurs étages, dont le Valanginien (de 140 à 136 millions d'années, composé vers le bas d'une alternance de calcaires jaunâtres et de marnes, puis de calcaires roux et de marnes) ; l'Hauterivien (de 136 à 130 millions d'années, composé vers le bas de marnes d'Hauterive de couleur bleue ou grise riches en fossiles, puis plus haut de calcaires jaunes et grossiers d'Hauterive ou Pierre jaune de Neuchâtel) ; le Barrémien (de 130 à 125 millions d'années, contient notamment d'importantes couches de calcaires clairs et massifs dits de l'« Urgonien », abondantes dans les synclinaux sous la forme de petites collines) ; l'Aptien (de 125 à 112 millions d'années, composé de calcaires, grès et marnes, et est très peu fréquent en surface et est notamment trouvé à l'extrémité est du lac de Joux (AUBERT, 1987)) ; l'Albien (de 112 à 99 millions d'années, est composé d'un mélange de marnes et de grès, et est trouvé vers le village

du Brassus (AUBERT, 1987)) ; et le Cénomanien (de 99 à 93 millions d'années, composé de marno-calcaires et de calcaires, et est trouvé du côté de Praz-Rodet (AUBERT, 1987)). Ces roches, qui composent le fond de la Vallée de Joux, sont plus fragiles que les roches du Jurassique (AUBERT, 1987 ; BICHET & CAMPY, 2009 ; Figure 2.3).

Les dépôts du Crétacé ont ensuite été recouverts par des sédiments **du Tertiaire (de 65 à 1,8 millions d'années)**. Stratigraphiquement, on y observe de bas en haut les séries du Paléogène (de 65 à 28 millions d'années, avec les époques du Paléocène, de l'Eocène et de l'Oligocène, qui sont composés d'argiles foncées (Eocène) ainsi que des dépôts lacustres molassiques (Molasse d'eau douce de l'Oligocène) (AUBERT, 1987 ; Figure 2.3). Cette molasse, qui occupe le synclinal de Joux, est cachée sous les dépôts récents du Quaternaire (dès 1,8 millions d'années), comme les éboulis, la craie lacustre, la tourbe, les dépôts alluviaux ou fluviaux, ainsi que les dépôts morainiques issus de glaciers locaux jurassiens durant la dernière glaciation du Würm (de 70'000 à 12'000 ans) et composés notamment d'argiles (AUBERT, 1941, 1987 ; WEIDMANN *et al.*, 2008).

2.1.1 Vallée de Joux (Suisse, VD)

Situation

Située en Suisse, dans le canton de Vaud, la Vallée de Joux est un bassin fermé de plus de 170 km^2 (AUBERT, 1941). Le dénivelé varie entre environ 1000 mètres d'altitude au fond de la vallée (village du Pont, à l'est du lac de Joux) jusqu'à 1678 mètres au sommet du Mont Tendre au sud-est, et jusqu'à 1400 mètres au sommet du massif du Risoux au nord-ouest (Figure 2.2). Une rivière, l'Orbe, coule au fond de la vallée et relie le lac des Rousses en France au lac de Joux en Suisse (Figure 2.2). Cette rivière prend sa source dans le lac des Rousses (France, département du Jura, et qui fait partie du réseau Natura 2000 ; NATURA 2000, 2004a). Jusqu'à son embouchure dans le lac de Joux, elle coule de façon naturelle en méandres entre milieux humides et tourbières, notamment avant le village du Brassus et avant son embouchure dans le lac de Joux. Entre les villages du Brassus et du Sentier, l'Orbe est canalisée ou comporte des zones rectifiées avec notamment des berges consolidées (MAIBACH, 2013). Cette rivière a une importance capitale dans cette vallée, notamment car elle façonne le paysage et borde de nombreux milieux humides et plaines alluviales. De plus, elle apporte une sédimentation particulière à cette vallée, appelée sédimentation alluviale (REYNARD & REGOLINI, 2008), notamment dans les zones naturelles de méandres.

Un des sites d'étude, La Burtignière (commune du Chenit), est situé à l'extrémité sud-ouest de la Vallée de Joux, et plus précisément parmi les méandres de l'Orbe, entre le village du Brassus en Suisse et le village de Bois d'Amont en France localisé environ 10 km plus au sud-ouest (Figures 2.2 et 2.4).
L'autre site d'étude, Le Sentier (communes du Chenit et de l'Abbaye), est situé à l'extrémité ouest du lac de Joux, plus précisément à l'embouchure de l'Orbe, à proximité du village du Sentier (Figures 2.2 et 2.5). Ce site subit toute l'influence du lac et de son battement.

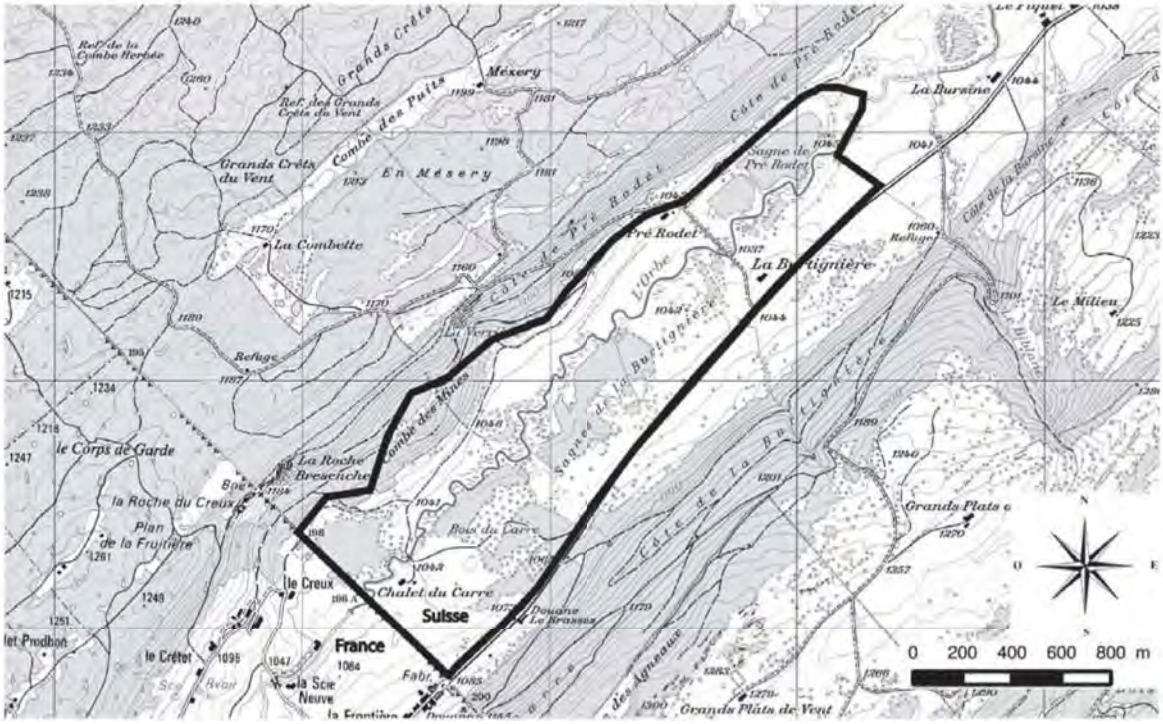


Figure 2.4 : Détail du site de La Burtignière à l'extémité sud-ouest de la Vallée de Joux, avec en entouré, la portion étudiée du site. Carte modifiée de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).

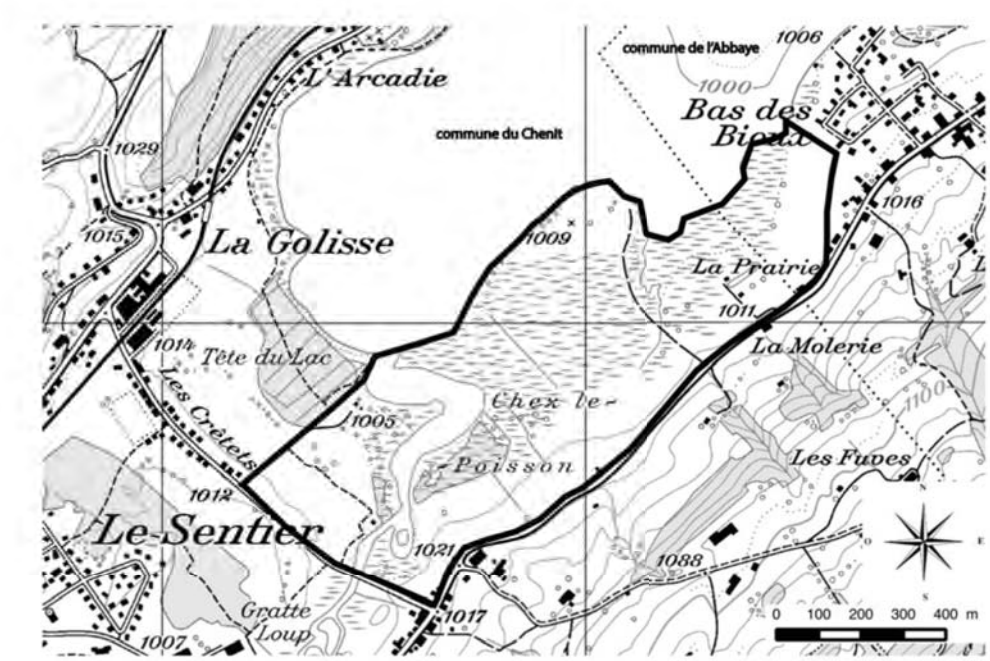


Figure 2.5 : Détail du site du Sentier à l'extémité sud-ouest du lac de Joux, avec en entouré, la portion étudiée du site. Carte modifiée de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).

Climat

Située à l'étage montagnard, la Vallée de Joux possède un climat froid et assez rude avec d'importants taux de précipitations distribuées de façon homogène sur toute l'année (GALLANDAT, 1982). La température moyenne annuelle est de 5°C et les précipitations annuelles s'élèvent à environ 1700 mm (GALLANDAT, 1982 ; BOUËT, 1985 ; MÉTÉOSUISSE, 2014). Concernant les températures moyennes mensuelles, celles-ci fluctuent entre -2°C en janvier et 15°C en juillet (MÉTÉOSUISSE, 2014).
La neige couvre le sol pendant approximativement 4 mois par année (GALLANDAT, 1982). De plus, la Vallée de Joux est caractérisée par un mésoclimat typique de bassin fermé influencé par le lac de Joux et avec d'importants orages, brumes, gelées et brouillards présents durant toute l'année (BOUËT, 1957, 1985). Les températures assez basses ainsi que l'absence de véritable sécheresse régnant dans cette vallée fermée permet l'existence de nombreux types de milieux différents (GALLANDAT, 1982).

Géologie, géomorphologie et hydrologie

La Vallée de Joux est un bassin fermé contenant deux lacs (lac Brenet et lac de Joux) qui s'est notamment formé suite au décrochement transversal de Pontarlier et à la dislocation et au chevauchement de la dent de Vaulion (AUBERT, 1934, 1943, 1987).
Par ailleurs, elle est localisée dans un synclinal, dit le synclinal de Joux, et est entourée par les anticlinaux du Risoux (au nord-ouest) et du Mont-Tendre (au sud-est) (AUBERT, 1941, 1987) (Figures 2.2, 2.6 et 2.7). L'anticlinal du Risoux est composé d'un massif boisé à cheval sur la frontière franco-suisse (Figure 2.2). L'anticlinal du Mont-Tendre, quant à lui, sépare le Plateau vaudois de la Vallée de Joux (Figure 2.2).

Ce synclinal tout en longueur s'étend du village du Pont à l'extrémité nord-est du lac de Joux jusqu'au village des Rousses en France plus au sud (BICHET & CAMPY, 2009 ; Figure 2.2), en passant par les villages du Sentier et du Brassus. Il est composé majoritairement de roches appartenant au Crétacé (Valanginien, Hauterivien et Barrémien notamment), recouvertes ici et là par des dépôts peu perméables de molasse et par d'importantes moraines du Quaternaire, (BICHET & CAMPY, 2009 ; Figures 2.6 et 2.7). Ces sédiments morainiques proviennent non pas du glacier du Rhône mais d'une grande calotte glaciaire jurassienne qui comblait durant la période du Würm l'entier de la Vallée de Joux jusqu'en France dans le bassin de Pontarlier (AUBERT, 1987), et qui, en reculant, a laissé sa place à un glacier local jurassien stagnant (AUBERT, 1943). En disparaissant, celui-ci a laissé une moraine de fond imperméable, de nombreuses buttes transversales (moraines de front) et un grand lac, le lac de Joux. Ces dépôts imperméables ont également permis l'installation de nombreux marais et tourbières (GALLANDAT, 1982 ; BICHET & CAMPY, 2009). La tourbière de Praz-Rodet est un bel exemple de haut-marais présent dans une cuvette glaciaire et entouré de buttes morainiques (AUBERT, 1943).
Le synclinal de la Vallée de Joux est également soumis aux dépôts fluvio-alluviaux provenant du lac de Joux – pour le site du Sentier – avec de nombreux dépôts de craie lacustre dans la zone à proximité du lac (AUBERT, 1943 ; Figure 2.7), ainsi qu'aux matériaux provenant de l'Orbe pour le site de La Burtignière (argiles, sables et limons ; AUBERT, 1943 ; Figure 2.6). Il semble aussi que le

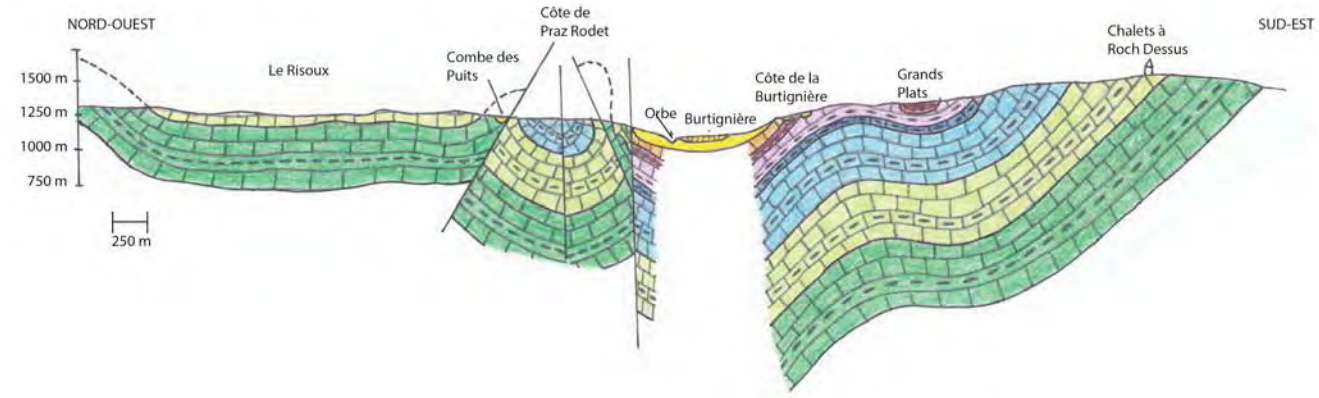


Figure 2.6 : Coupe géologique effectuée sur le site de La Burtignière (cf. Figure 2.2 pour la localisation exacte de la coupe, trait rouge). Dessin personnel. La carte géologique au 1 : 25'000 de FALCONNIER (1951) ainsi que les coupes géologiques d'AUBERT (1943) ont été utilisées pour effectuer ces coupes.

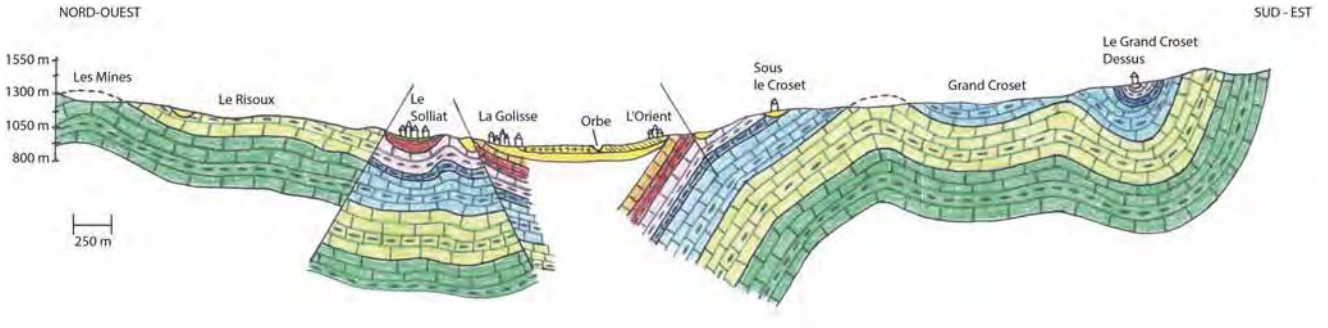
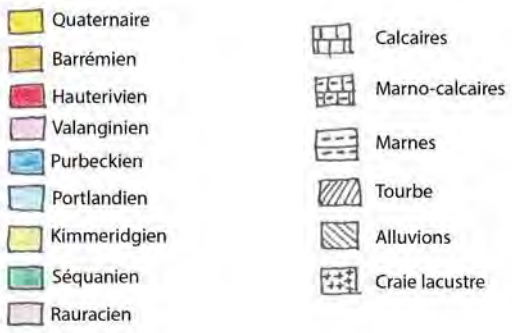


Figure 2.7 : Coupe géologique effectuée sur le site du Sentier (cf. Figure 2.2 pour la localisation exacte de la coupe, trait rouge). Dessin personnel. La carte géologique au 1 : 25'000 d'AUBERT (1941) ainsi que les coupes géologiques d'AUBERT (1943) ont été utilisées pour effectuer ces coupes.



lac de Joux atteignait Praz-Rodet à la fin des glaciations (niveau du lac à 1060 m ; AUBERT, 1938 ; VITTOZ, comm. pers.). La Vallée de Joux présente un relief conforme, c'est-à-dire que sa topographie suit la structure géologique théorique, soit avec le fond de la vallée correspondant à un synclinal et ses versants correspondant à des anticlinaux (REYNARD & REGOLINI, 2008). De plus, elle est caractérisée, dans ses versants, par une surface hétérogène composée de différents petits reliefs issus de la dissolution des calcaires par l'eau, comme des petites arêtes rocheuses, des dolines, des lapiez mais également des zones plus sèches (AUBERT, 1941). En effet, ce relief dit karstique est très fissuré : les précipitations s'y infiltrent, et de ce fait, la formation de ruisseaux le long des deux versants du Risoux et du Mont Tendre est empêchée (AUBERT, 1943, 1987). Par conséquent, mis à part l'Orbe et ses quelques affluents, cette vallée ne contient aucun écoulement à sa surface, sauf lors des fontes des neiges ou lorsque le sol est gelé (AUBERT, 1943, 1987). La vitesse d'infiltration de cette eau en profondeur est rapide dans les zones où le calcaire est présent dès la surface, alors que dans d'autres

composées de dépôts morainiques et molassiques ainsi que d'argiles glaciaires, elle a tendance à ralentir et à former une nappe de marais, de lacs ou de tourbières (AUBERT, 1943, 1987). Cependant, dans tous les cas, l'eau s'infiltre toujours par ces fissures appelées ponors (ou par des entonnoirs dans les zones plus marneuses) pour former un immense réservoir en profondeur, plus précisément au niveau des roches marneuses de l'Argovien et de l'Hauterivien inférieur (AUBERT, 1943, 1987). Ceci fait de la Vallée de Joux un bel exemple de poljé (REYNARD & REGOLINI, 2008). Ce puits d'eau peut parfois, au gré des fissures, ressortir sous la forme de sources ou de résurgences, comme c'est le cas pour la source du Brassus ou de la Lyonne (AUBERT, 1943, 1987). Lors de pluies très importantes ou de crues, l'eau présente dans ce réservoir peut remonter dans les fissures et saturer la surface du sol : dans ce cas, ce réservoir joue le rôle d'une estavelle, avec absorption et rejet d'eau (AUBERT, 1943 ; REYNARD & REGOLINI, 2008).
Sur le site du Sentier, la régulation du lac a une grande importance sur les milieux présents. En effet, par le passé, les entonnoirs présents dans le lac Brenet à proximité, étaient responsables de la fluctuation du niveau du lac. Lors des grosses pluies ou de la fonte des neiges, ces pertes rejetaient l'eau, ce qui avait pour conséquence d'augmenter le niveau du lac. A l'inverse, en été, ce dernier atteignait de très basses valeurs, permettant à une flore particulière de s'installer sur les rives asséchées. Ces entonnoirs ont par la suite été murés, et actuellement, le niveau du lac de Joux est régulé artificiellement par des conduites alimentant l'usine hydroélectrique de Vallorbe. Ainsi, de nos jours, le niveau du lac ne fluctue que très peu tout au long de l'année, sauf en cas d'étés très secs qui peuvent provoquer des basses eaux (FIAUX *et al.,* 2006 *;* VITTOZ, comm. pers.).

Végétation

Dans cette vallée, plusieurs types de zones humides remarquables sont présents le long des méandres de l'Orbe (site de La Burtignière) ou à l'extrémité du lac de Joux (site du Sentier), comme les prairies humides, les bas-marais, les hauts-marais et les roselières (Annexe A.1). Ces milieux sont notamment entourés de pâturages ou de prairies fauchées. Les versants sont généralement boisés de hêtraies sapinières, de hêtraies à dentaire et de hêtraies à laîches.
Au niveau national, la Vallée de Joux est incluse, au moins en partie, dans de nombreux inventaires fédéraux (cf. ci-dessous).
Au niveau européen, cette vallée fait partie du réseau Emeraude (DELARZE *et al.*, 2003).

Le site de La Burtignière est composé d'un complexe de tourbières et de prairies humides entourés de pâturages, et fait partie des inventaires fédéraux des *hauts-marais et marais de transition* (ORDONNANCE SUR LES HAUTS-MARAIS, 1991), des *bas-marais* (ORDONNANCE SUR LES BAS-MARAIS, 1994), des *sites marécageux* (ORDONNANCE SUR LES SITES MARÉCAGEUX, 1996) et des *zones alluviales d'une beauté particulière et d'importance nationale* (ORDONNANCE SUR LES ZONES ALLUVIALES, 1992). Les tourbières importantes sont la Sagne de La Burtignière (94 ha ; Figure 2.8), la Sagne de Praz-Rodet (12 ha ; Figure 2.9) et la Sagne du Carre (10 ha ; Figure 2.10). La tourbière de Praz-Rodet est une réserve naturelle gérée par Pro Natura.

Figure 2.8 : Photo aérienne de la grande tourbière de La Burtignière, prise en 2012 par M. Daniel Gétaz, Inspecteur des forêts du canton de Vaud.

Figure 2.9 : Photo aérienne de la tourbière de Praz-Rodet, prise par M. Daniel Gétaz en 2012, Inspecteur des forêts du canton de Vaud.

Figure 2.10 : Photo de la tourbière du Carre, avec la frontière française sur la droite (ligne droite à travers les prairies et pâturages sur la photo), prise en 2011 depuis la Roche Brisanche située au nord-ouest du synclinal de Joux. Au fond, les premières maisons du village français de Bois d'Amont.

Le site du Sentier est composé d'un ensemble de milieux humides entourés de prairies de fauches parfois pâturées (Figure 2.11). Ces milieux humides, notamment le haut-marais « Sagne de la Tête du Lac », les bas-marais « Chez le Poisson » et « Aux Vieux Cheseaux » (Figures 2.11 et 2.12) et les prairies humides, font partie des inventaires fédéraux des *hauts-marais et marais de transition* (ORDONNANCE SUR LES HAUTS-MARAIS, 1991), des *bas-marais* (ORDONNANCE SUR LES BAS-MARAIS, 1994) et des *zones marécageuses* (ORDONNANCE SUR LES SITES MARÉCAGEUX, 1996).

Plus globalement, toutes les zones humides et tourbières de cette vallée sont protégées depuis 1987, date de l'acceptation de l'initiative de Rothenthurm (RAUSCH, 1996). De plus, les marais de cette vallée ont fait l'objet d'un plan de gestion en 1997 par le Bureau d'études écologiques B. Bressoud ainsi que par le bureau Pâturage Conseils et Projets (LE COVÉ SA, 1995). Un nouveau plan de gestion, exécuté par le Bureau d'études en environnement ALAIN MAIBACH SA, est mis en place actuellement pour la période 2012 – 2022 (MAIBACH, 2013).

Figure 2.11 : Vue d'ensemble du site du Sentier, avec la Tête du Lac sur la gauche de la photo, et les prairies humides et bas-marais de « Chez le Poisson » et des « Vieux Cheseaux » sur la droite.

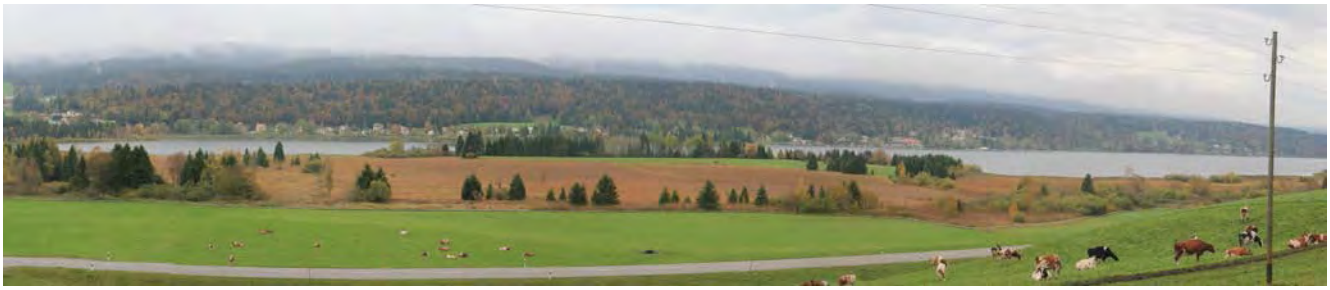


Figure 2.12 : Bas-marais et prairies humides présents sur le site, appelés « Chez le Poisson » et les « Vieux Cheseaux », avec la prairie agricole dans le fond en bordure du lac.

Histoire et activités humaines

Jusqu'à la fin de la Seconde guerre mondiale, la tourbe a été extraite et utilisée comme combustible, surtout dans les hauts-marais proches des villages et des voies de communication, comme ceux situés entre les villages du Sentier et de l'Orient (NICOLE, 1964).

De plus, globalement, la région de la Vallée de Joux est exploitée par l'agriculture depuis longtemps pour le lait et la fabrication de fromage, comme le gruyère (GALLANDAT, 1982). Actuellement, sur le site de La Burtignière, les parcelles situées en bordure des zones humides et de l'Orbe (propriétés de la commune de Morges, représentant les alpages de La Burtignière, de Praz-Rodet et du Carre), sont utilisées en été pour la pâture. Sur le site du Sentier, les parcelles bordant les milieux humides et situées en bordure de route (propriétés de propriétaires privés) sont notamment utilisées comme prairies de fauche pour le fourrage ainsi que comme pâturages.
Du côté de La Burtignière, les marais étaient auparavant parcourus par le bétail et/ou fauchés. Cependant, ils sont mis à ban et entourés de barrières depuis 1997, lors de la mise en œuvre du plan de gestion de 1997 (LE COVÉ SA, 1995). Actuellement, un nouveau plan de gestion est en phase de test et devait débuter dès l'été 2014 (MAIBACH, 2013). Au Sentier, quelques portions du site sont encore actuellement utilisées par l'agriculture (fauche et pâture en automne) alors que d'autres ne le sont plus.

Par ailleurs, la vallée attire de nombreux touristes en hiver (par exemple pour le ski de fond et le ski alpin, et également pour le patinage sur le lac gelé) et en été (par exemple pour le cyclisme et les randonnées) (GALLANDAT, 1982 ; www.myvalleedejoux.ch).

2.1.2 Chapelle-des-Bois (France, Doubs et Jura)

Situation

Le site de Chapelle-des-Bois est situé dans la combe de Bellefontaine, en France, à une altitude d'environ 1040 mètres. Localisé en Franche-Comté, juste derrière la Vallée de Joux et le massif du Risoux, ce site est situé à cheval sur les départements du Jura à l'ouest et du Doubs à l'est (Figure 2.2), ainsi que sur deux communes, Bellefontaine et Chapelle-des-Bois.

Dominés par la Roche Bernard, deux lacs sont présents dans ce site, celui des Mortes et celui de Bellefontaine (Figures 2.2, 2.13 et 2.14). Un petit ruisseau s'échappe de ces lacs au nord, le ruisseau des Mortes (Figures 2.13 et 2.14). Cependant après 100 mètres, il disparaît dans le sous-sol et ne ressort que huit kilomètres plus loin pour rejoindre un affluent de l'Ain, la Bienne, qui traverse les villes de Morez et de Morbier (NATURA 2000, 2004b).

Figure 2.13 : Vue d'ensemble du site de Chapelle-des-Bois prise depuis la Roche Champion (vers 1300 m d'altitude), avec le lac de Bellefontaine à gauche et le lac des Mortes à droite.

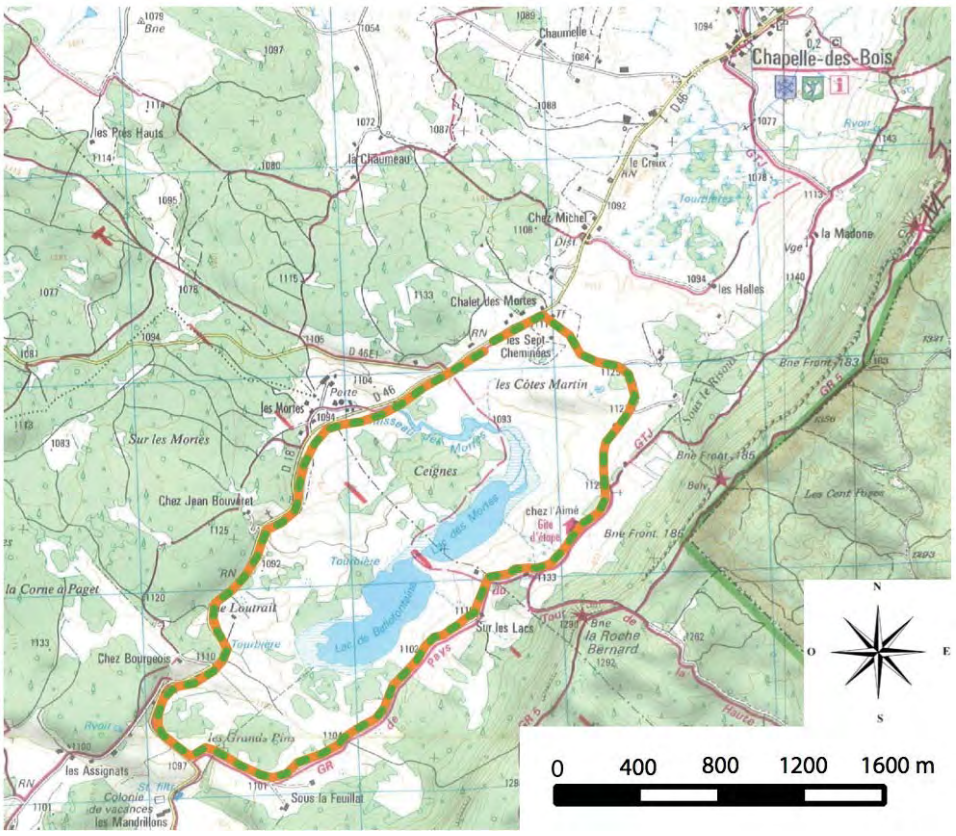


Figure 2.14 : Détail du site de Chapelle-des-Bois en France, avec en entouré, la portion étudiée du site. Carte modifiée de l'Institut National de l'Information Géographique et Forestière français (©IGN France 2014).

Climat

Le climat régnant dans cette région et sur le site de Chapelle-des-Bois, est comme à la Vallée de Joux, assez rude, avec des précipitations annuelles élevées (entre 1500 et 1800 mm) ainsi que des températures moyennes annuelles assez basses (5 – 6°C) (BAILLY *et al.*, 2007). De plus, cette combe semble bénéficier d'un microclimat assez favorable au maintien d'un manteau neigeux durable jusqu'au printemps (BAILLY *et al.*, 2007). Ce climat pluvieux et froid favorise la présence et la croissance d'espèces végétales subalpines comme *Bartsia alpina* et *Carex sempervirens*, et est également très favorable aux tourbières (GALLANDAT, 1982 ; BAILLY *et al.*, 2007).

Géologie et géomorphologie

Au contraire de la Vallée de Joux située dans un synclinal, le site de Chapelle-des-Bois est situé dans une combe anticlinale érodée (anticlinal de Bellefontaine-Morez ; NATURA 2000, 2004b ; FERREZ, 2006 ; BAILLY *et al.*, 2007 ; Figure 2.15). Le relief de ce site est donc inversé (REYNARD & REGOLINI, 2008). Cet anticlinal érodé est composé majoritairement de roches calcaires fissurées du Jurassique qui se sont érodées à la fin de l'ère Tertiaire, provoquant la formation d'une combe, la combe de Bellefontaine (Figures 2.14 et 2.15). Par ailleurs, il borde plus au sud-est l'anticlinal jurassique du Risoux qui, lui, est boisé et chevauche le synclinal de la Vallée de Joux et des Rousses situé plus au sud-est (FERREZ, 2006 ; Figure 2.15).

Comme la Vallée de Joux, la combe de Chapelle-des-Bois a subi l'influence des glaciers durant le Quaternaire (FERREZ, 2006 ; BAILLY *et al.*, 2007). Ceux-ci, accompagnés par l'eau et le ruissellement, ont complété l'érosion des calcaires déjà commencée au Tertiaire, décapant les marnes tendres et laissant ensuite lors de leurs retraits des dépôts imperméables. Ces dépôts morainiques et fluvioglaciaires ainsi que les argiles glaciaires ont permis la formation d'un sous-sol imperméable et donc de lacs et de tourbières dans les zones de cuvettes (FERREZ, 2006 ; BAILLY *et al.*, 2007 ; Figures 2.13 et 2.14). Une moraine est par ailleurs visible entre les deux lacs des Mortes et de Bellefontaine (BAILLY *et al.*, 2007 ; Figure 2.13).

La combe est également caractérisée, comme pour la Vallée de Joux, par une topographie hétérogène composée de différents petits reliefs issus de la dissolution des calcaires par l'eau (AUBERT, 1941). De plus, les nombreuses fissures présentes dans le sous-bassement rocheux absorbent les eaux de ruissellement ou les précipitations, empêchant ainsi la formation de ruisseaux permanents en surface (AUBERT, 1943, 1987).

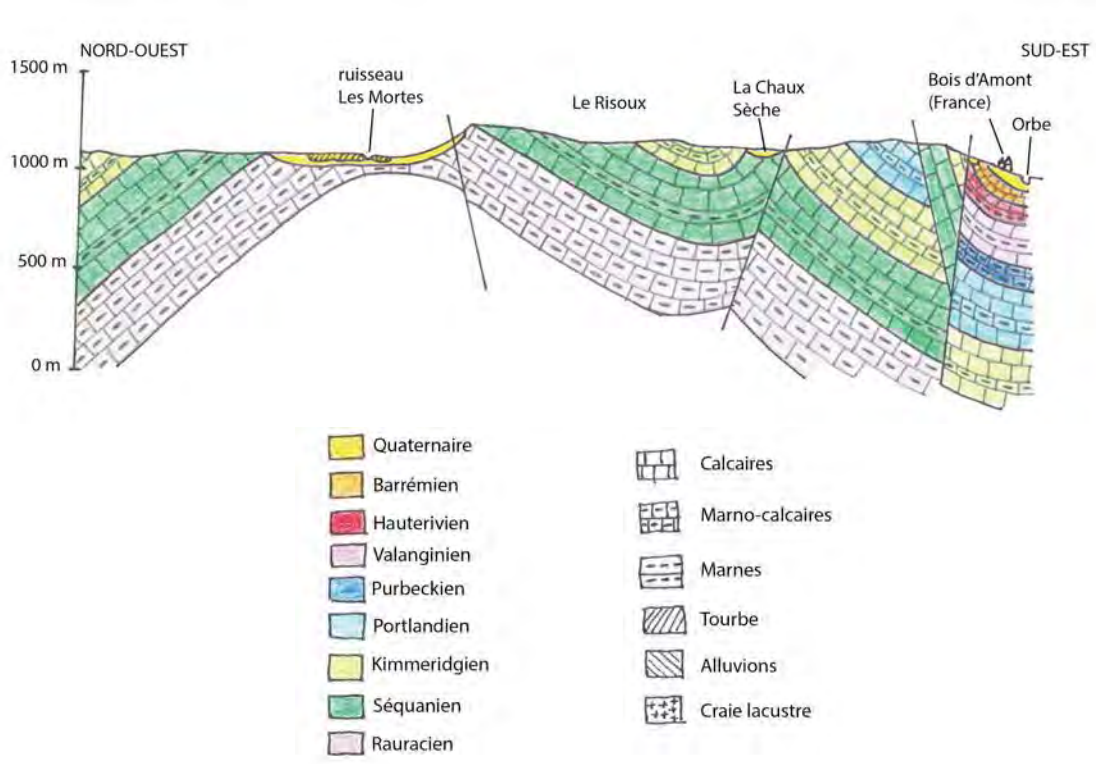


Figure 2.15 : Coupe géologique effectuée sur le site de Chapelle-des-Bois (cf. Figure 2.2 pour la localisation exacte de la coupe, trait rouge). Dessin personnel. La carte géologique au 1 : 50'000 du Bureau de recherches géologiques et minières de France (brgm : http://editions.brgm.fr/cartegeol.jsp) a été utilisée pour effectuer cette coupe.

Végétation

Le site de Chapelle-des-Bois (85 ha) est composé d'un ensemble de milieux disposés autour des lacs de Bellefontaine et des Mortes, plus précisément de hauts-marais (boisés et acides), de radeaux tremblants, de bas-marais et de prairies humides (NATURA 2000, 2004b ; Figure 2.13 ; Annexe A.1). Cet environnement est très riche en espèces végétales, avec notamment quelques plantes protégées (*Dianthus superbus*, *Anemone narcissifolia* et *Lonicera caerulea* ; FERREZ, 2006), et contient quelques milieux rares et typiques. Ce site est exceptionnellement préservé (BAILLY *et al.*, 2007), ceci notamment grâce aux activités agricoles extensives qui y sont pratiquées.
Aujourd'hui, ce site fait partie du réseau Natura 2000 et est inclus dans le Parc naturel régional du Haut-Jura (NATURA 2000, 2004b). Par ailleurs, ce site est une Zone Naturelle d'Intérêt Ecologique, Faunistique et Floristique (ZNIEFF).

Histoire et activités humaines

Cette région est depuis très longtemps exploitée par l'agriculture. Depuis 1976 (et toujours actuellement), elle est exploitée par une agriculture biologique dans le but de produire du lait et du fromage (GALLANDAT, 1982). Les prairies qu'elle contient sont fauchées une à deux fois par année, puis pâturées en automne. Par ailleurs, la région est moins peuplée que la Vallée de Joux, et est également moins perturbée que la vallée suisse (GALLANDAT, 1982). Le tourisme y est pourtant également très présent, notamment en hiver avec les nombreuses pistes de ski de fond tracées sur le site, à travers forêts, prairies et marais.

2.2 Méthodes de sélection et de relocalisation des anciens relevés de Jean-Daniel Gallandat

Comme indiqué précédemment dans la présentation des objectifs (cf. section 1.3), les deux approches utilisées dans ce travail se fondent sur la thèse de GALLANDAT (1982) et de l'utilisation de son synsystème, et plus précisément sur la sélection ainsi que la relocalisation de nombreux anciens relevés (cf. paragraphes 2.2.2 et 2.2.3). Ensuite, en fonction des approches, ces relevés sont échantillonnés de façons différentes selon les buts évoqués pour chacune (cf. section 1.3).

2.2.1 Choix de la thèse et des relevés de Jean-Daniel Gallandant, et des sites étudiés

La **thèse** et les **relevés de Jean-Daniel Gallandat** sur les marais ainsi que les **trois sites étudiés** ont été choisis pour différentes raisons, et non pas de façon guidée uniquement par les questions de recherche :

- La thèse de Jean-Daniel Gallandat ainsi que les trois sites étudiés contiennent une importante disponibilité de données floristiques. En effet, celui-ci a effectué plus de 1000 relevés phytosociologiques dans cette région. Des relevés effectués par d'autres auteurs (par exemple GOBAT (1984)) dans les marais des sites étudiés durant la période considérée sont également disponibles pour ces trois sites mais n'ont pas été utilisés dans cette étude pour une question d'homogénéisation des données, et donc pour minimiser les effets qu'ont des observateurs différents sur l'estimation des recouvrements ainsi que sur l'effort d'échantillonnage (VITTOZ & GUISAN, 2007).
- Dans sa thèse, Jean-Daniel Gallandat a créé un synsystème précis des marais des sites étudiés. De plus, il a effectué une description très détaillée des différents milieux qu'il a observés sur ces sites. Même si ce synsystème est obsolète pour quelques syntaxons – notamment l'alliance du *Calthion palustris* TÜXEN 1937 qui est contestée par de nombreux phytosociologues mais est toujours présente dans les divers référentiels nationaux et régionaux (*Prodrome des végétations de France :* BARDAT *et al.,* 2004 *; Guides des milieux naturels de Suisse :* DELARZE & GONSETH*,* 2008 ; *Synopsis des groupements végétaux de Franche-Comté* : FERREZ *et al.,* 2011), ainsi que la classe des *Molinio-Arrhenatheretea* qui n'est plus reconnue aujourd'hui – ce synsystème publié est très précis et a été le seul utilisé dans cette étude pour une question d'homogénéisation de nomenclature. De plus, il est tout à fait pertinent d'utiliser ce synsystème car son utilisation permet d'effectuer des comparaisons directes avec Jean-Daniel Gallandat : ceci est d'autant valable puisqu'un des objectifs de cette étude est la détection de changements de végétation entre cet auteur dans les années 1970-1980 et actuellement (cf. aussi paragraphe 2.3.3).
- Des cartes phytosociologiques détaillées, précises et effectuées par Jean-Daniel Gallandat sont également disponibles pour ces trois sites, montrant ainsi la diversité importante des sites en milieux végétaux dans les années 1970-80.
- Les données floristiques provenant de Jean-Daniel Gallandat existent sous la forme de nombreux relevés pertinents et effectués de façon précise par cet auteur (par exemple, les effets de bordure et l'homogénéité de la zone ont été pris en compte, les recouvrements sont généralement toujours présents et estimés précisément). De plus, ces relevés contiennent de nombreux croquis, points de repères et

autres dessinés et évoqués par l'auteur. Ce dernier a également relocalisés ses relevés sur ses cartes phytosociologiques, ce qui rend encore le travail de relocalisation sur le terrain plus aisé.

- Les sites sont représentatifs des zones humides du Jura puisqu'ils recensent et comportent beaucoup d'écosystèmes humides différents qui existent également dans d'autres parties du Jura. De plus, outre leur diversité en données floristiques provenant d'un même auteur, un autre intérêt d'utiliser ces sites résulte de leur situation homogène (à une même altitude d'environ 1000 mètres avec un même mésoclimat) et ce dans un système de bassin fermé. Ces conditions de bassin fermé sont peu étudiées dans les études de changements de végétation : l'utilisation de ces sites peut servir de modèle ou de point de comparaison pour d'autres régions à bassin fermé, puisque ces conditions sont probablement présentes dans beaucoup de zones de moyennes altitudes en Europe.

2.2.2 Choix des types de végétation (ou alliances) sélectionnés

Dans le présent travail, les cinq types de végétation de zones humides les mieux représentés et documentés par GALLANDAT (1982) dans sa thèse ont été retenus. Il s'agit entre autres des bas-marais (représentés par les alliances du *Caricion davallianae* et du *Caricion fuscae*) ainsi que des prairies humides (représentées par les alliances du *Molinion,* du *Filipendulion* et du *Calthion*) (Tableau 2.1). Ces cinq types de végétation ont été choisis car, d'une part, ils sont bien présents dans l'ensemble des sites étudiés. Ainsi, avec les forêts humides et les hauts-marais, ces types de végétation représentent une majeure partie des sites étudiés. D'autre part, ces alliances contenaient un nombre important d'anciens relevés de GALLANDAT (1982) possédant des informations pertinentes et suffisantes nécessaires à leur relocalisation et à leur utilisation, et par conséquent pour atteindre les différents buts de cette recherche (cf. section 1.3 et paragraphe 2.2.2). De plus, ces alliances faisant partie des bas-marais et des prairies humides sont connues pour être les plus sujettes à des modifications environnementales ou humaines (BOLLENS *et al.*, 2001 ; KLAUS, 2007 ; GRAF *et al.*, 2010 ; cf. paragraphe 1.2 et section 4.1). Il est donc intéressant d'étudier si ces deux catégories de marais sont également menacées dans les sites d'études choisis.

Ces cinq types de végétation appartiennent selon le synsystème utilisé par GALLANDAT (1982), à deux classes : les ***Scheuchzerio palustris-Caricetea fuscae* TÜXEN 1937** et les ***Molinio-Arrhenatheretea* TÜXEN 1937** (Annexe A.2 ; Tableau 2.1). A l'intérieur de la classe des ***Scheuchzerio palustris-Caricetea fuscae* TÜXEN** 1937, on retrouve les marais de transition ainsi que les bas-marais, notamment les bas-marais acidophiles (*Caricion fuscae* W. KOCH 1926) et les bas-marais basophiles ou neutrophiles (*Caricion davallianae* KLIKA 1934). Dans la classe des ***Molinio-Arrhenatheretea* TÜXEN 1937**, on retrouve l'ordre des *Molinietalia* (prairies humides), avec les alliances du *Molinion caeruleae* W. KOCH 1926, du *Calthion palustris* TÜXEN 1937 et du *Filipendulion* SEG. 1966.

2.2.3 Sélection des anciens relevés

L'échantillonnage des relevés actuels s'est fait à partir des relevés de GALLANDAT (1982), effectués entre 1974 et 1988. Ceux-ci ont été relocalisés sur des photos aériennes actuelles et anciennes ainsi que sur les cartes phytosociologiques géoréférencées de GALLANDAT (1982), avec l'aide d'ArcGIS (ESRI, 2011 ; système de coordonnées CH1903), grâce à l'aide de l'auteur (Jean-Daniel Gallandat), ainsi qu'aux informations écrites et graphiques qu'il a laissées dans ses cahiers de terrain ou sur ses cartes phytosociologiques (Annexe A.1). Une première liste de 300 relevés, tous sites étudiés confondus, a ainsi été extraite et établie, comportant notamment les coordonnées géographiques des relevés ainsi que l'alliance phytosociologique selon GALLANDAT (1982).
De cette liste initiale, un premier choix a été fait : seuls les

Tableau 2.1 : Alliances phytosociologiques étudiées avec leurs classes et ordres respectifs.

CLASSES	ORDRES	ALLIANCES	TYPES DE VÉGÉTATION	NOMS FAMILIERS
***Scheuchzerio palustris-Caricetea fuscae* TÜXEN 1937**	*Caricetalia fuscae* W. KOCH 1926	*Caricion fuscae* W. KOCH 1926	bas-marais acidophiles	**BAS-MARAIS**
	Tofieldietalia Prsg. In OBERD 1949	*Caricion davallianae* KLIKA 1934	bas-marais basophiles ou neutrophiles	
***Molinio-Arrhenatheretea* TÜXEN 1937**	*Molinetalia caeruleae* W. KOCH 1926	*Molinion caeruleae* W. KOCH 1926	prairies humides oligotrophes (fauchées et non fertilisées)	**PRAIRIES HUMIDES**
		Calthion palustris TÜXEN 1937	prairies humides eutrophes	
		Filipendulion SEG. 1966	mégaphorbiaies humides	

relevés appartenant aux alliances sélectionnées (*Caricion davallianae*, *Caricion fuscae*, *Molinion*, *Calthion* et *Filipendulion*) ont été conservés. Puis, parmi ceux-ci, uniquement les relevés possédant une surface égale ou supérieure à 10 m^2 (afin d'éviter les effets de bordures) ainsi qu'une information complète (dates, recouvrement, croquis) ont été gardés ceci pour assurer et renforcer la précision de relocalisation sur le terrain. Ensuite, un choix d'environ 25 à 30 relevés a été fait aléatoirement dans R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, v. 3.0.2, 2013) dans chacune des cinq alliances et sur l'ensemble des sites confondus, avec la contrainte que toutes les associations ou variantes comportent au minimum un relevé. Ainsi, une liste finale des relevés à revisiter en 2012-2013 a été établie et comportait, pour chaque relevé, les coordonnées géographiques, la surface, le recouvrement et d'autres indications ou remarques venant des cahiers de notes de GALLANDAT (1982).

La position de tous les relevés à revisiter a été vérifiée sur les orthophotos des années 1979-1980 et 2008-2009 avant la session de terrain.

2.2.4 Relocalisation des anciens relevés sur le terrain

Sur le terrain, les coordonnées exactes de chaque relevé issues de la phase de sélection (cf. paragraphe 2.2.2) ont été retrouvées grâce à un GPS Garmin, avec une précision de 3 mètres. Après vérification de l'homogénéité et de l'absence de tout effet de bordure de la zone sélectionnée, les indications et dessins fournis par GALLANDAT (1982) dans ses cahiers de terrain ont été utilisés pour confirmer la position de chaque relevé. Parmi la liste établie au paragraphe précédent (cf. paragraphe 2.2.2), quelques relevés ont dû être abandonnés sur le terrain, généralement du fait d'un accès peu aisé qui n'avait pas été perçu sur les photos aériennes.

La numérotation des différents relevés dans l'ensemble de cette recherche n'a pas été modifiée et correspond à la notation utilisée par GALLANDAT (1982) dans sa thèse et dans ses cahiers de terrain. Ainsi, parfois, quelques relevés sont composés à la fois de chiffres, de lettres et de caractères (comme les relevés 12/88a, 18_06_1988, 58/89b).

En ce qui concerne la marge d'inexactitude dans la relocalisation des relevés, celle-ci est faible. En effet, les incertitudes ont été minimisées grâce à (1) **l'aide personnalisée de Jean-Daniel Gallandat**, au (2) **géoréférencement précis et rigoureux des cartes phytosociologiques**, à (3) l'**utilisation des photos aériennes anciennes et récentes** (pré-visualisation précise de chaque relevé sur le terrain), ainsi que grâce aux (4) **nombreux croquis, dessins et repères** provenant de Jean-Daniel Gallandat. Ceux-ci ont, de façon générale, toujours été suffisamment précis et compréhensibles ; de plus, les repères ont presque toujours été retrouvés assez facilement sur le terrain (à quelques exceptions près, qui concernent les relevés qui ont été éliminés pour les analyses statistiques de l'approche diachronique, chapitre 4). De plus, l'utilisation d'un **GPS portable performant et fiable, utilisant deux systèmes de géolocalisation** (système GPS et GLONASS) pour avoir un maximum de satellites, a permis de renforcer la précision de la relocalisation des relevés sur le terrain, avec une petite erreur de seulement 3 mètres.

2.3 Inventaires floristiques (effectués en 2012-2013)

2.3.1 Ré-échantillonnage des anciens relevés de végétation sur le terrain

A l'endroit de chaque ancien relevé relocalisé (cf. paragraphe 2.2.3), deux « grilles » ont été placées sur la surface du sol, avec les coordonnées ciblées positionnées en bas à gauche de la grille, en fonction de l'orientation donnée en Annexe A.5 (explication plus détaillé donnée en Annexe A.5). La première « grille » avait la même surface que le relevé respectif de GALLANDAT (1982) (pour l'étude diachronique, chapitre 4) et la seconde avait une taille fixe de 25 m^2 (carré de 5 m de côté, pour l'étude synchronique dans le chapitre 3).
Une fois le relevé relocalisé et préparé sur le terrain, et selon la méthode de la phytosociologique stigmatiste, toutes les plantes contenues dans les deux « grilles » ont été déterminées et recensées (AESCHIMANN *et al.*, 2005 ; LAUBER *et al.*, 2007 ; EGGENBERG & MÖHL, 2008), ainsi que leur dominance respective selon une échelle modifiée de BRAUN-BLANQUET (BRAUN-BLANQUET, 1964 ; Tableau 2.2). Ces codes de **dominance** représentent le recouvrement absolu de chaque espèce, ce qui correspond à la surface occupée par l'espèce par rapport à la surface totale du relevé (ou autrement dit à la projection verticale des parties aériennes de l'espèce), ceci sans tenir compte des autres espèces présentes dans le relevé. Dans l'approche diachronique, les codes 2a et 2b ont été rassemblés dans le code général 2, notamment car ces codes n'ont pas été utilisés par GALLANDAT (1982). Au contraire, ces codes 2a et 2b ont été utilisés dans l'approche synchronique. Par ailleurs, les pourcentages de recouvrement total de la végétation, ainsi que des cailloux, de mousses, du sol nu et de l'eau ont également été estimés pour chaque relevé.

Au total, **117 anciens relevés ont été revisités** en été 2012 et 2013 (chapitre 3 ; Tableau 2.3 ; Annexe A4). Tous ces relevés anciens et nouveaux avec leurs caractéristiques figurent dans les Annexes A4 et A5.

N.B. : Le nombre de relevés utilisés ensuite pour les statistiques n'est pas le même entre les deux approches (Figure 1.17). Pour ***l'approche synchronique (chapitre 3), les 117 relevés ayant une surface fixe de 25 m² ont été utilisés****. Par contre, pour* ***l'approche diachronique (chapitre 4), 7 relevés ont été enlevés, amenant à 110*** *le nombre utilisé dans les traitements statistiques (Tableau 2.4 ; Annexes C.1 à C.6). C'est donc ce chiffre qui figure dans l'ensemble du chapitre 4. Ces relevés (12/88a, 1669, 1670, 1577, 1608, 1609 et 1610) ont été ôtés notamment parce qu'ils n'ont finalement pas pu être relocalisés précisément, après vérification. Cette procédure stricte empêche d'aboutir à de fausses conclusions concernant des changements de la végétation* (CHYTRÝ et al., 2013)*. En effet, en les conservant, on courait le risque que des changements observés de végétation n'aient pas été causés par des facteurs anthropiques ou naturels, mais en raison simplement d'une relocalisation trop imprécise des relevés. Ce risque était d'autant plus grand dans certains milieux à mosaïque fine.*

Tableau 2.2 : Dominance (recouvrement absolu) des plantes selon l'échelle de BRAUN-BLANQUET (1964). Les codes 2a et 2b ont été utilisés uniquement dans l'approche synchronique (chapitre 3), et non dans l'approche diachronique (chapitre 4).

ECHELLE DE BRAUN-BLANQUET	ESTIMATION DE LA DOMINANCE (%) DE CHAQUE PLANTE
r	plante rare
+	>1
1	1 – 5
2	6 – 25
2a	6 – 15
2b	16 – 25
3	26 – 50
4	51 – 75
5	>75

Tableau 2.3 : Nombre et répartition des relevés revisités en 2012-2013 pour chaque alliance phytosociologique, et dans chaque site d'étude. Utilisé dans l'approche synchronique (chapitre 3).

ALLIANCES	NOMBRE DE RELEVÉS	CHAPELLE-DES-BOIS	LE SENTIER	BURTIGNIÈRE
Calthion	**22**	-	2	20
Caricion davallianae	**25**	5	11	9
Caricion fuscae	**16**	-	-	16
Filipendulion	**31**	2	5	24
Molinion	**23**	18	5	-
TOTAL	**117**	**25**	**23**	**69**

Tableau 2.4 : Nombre et répartition des relevés utilisés dans l'approche diachronique (chapitre 4), pour chaque alliance, et dans chaque site étudié.

ALLIANCES	NOMBRE DE RELEVÉS	CHAPELLE-DES-BOIS	LE SENTIER	BURTIGNIÈRE
Calthion	**22**	-	2	20
Caricion davallianae	**22**	2	11	9
Caricion fuscae	**16**	-	-	16
Filipendulion	**28**	2	3	23
Molinion	**22**	17	5	-
TOTAL	**110**	**21**	**21**	**68**

2.3.2 Transformation des données de végétation avant les analyses statistiques

Avant les différentes statistiques, chaque code de dominance a d'abord été converti en recouvrement absolu moyen, ceci notamment parce que l'échelle de BRAUN-BLANQUET (1964) n'est pas linéaire (GILLET, 2000). Puis, tous les recouvrements absolus moyens de chaque espèce pour chaque relevé ont été ajustés à 100%, ceci afin d'obtenir le recouvrement relatif (la somme du recouvrement de toutes les espèces présentes dans le relevé est égale à 100%). Ensuite, comme la matrice des recouvrements relatifs contenait beaucoup de doubles zéros, une transformation d'Hellinger (fonction *decostand* de la librairie **vegan** ; NIKULIN, 2001 ; BORCARD *et al.*, 2011) a ensuite été appliquée sur l'ensemble des données (LEGENDRE & GALLAGHER, 2001).

2.3.3 Méthode de rattachement phytosociologique des relevés

Tous les nouveaux relevés effectués (234 nouveaux relevés dont 117 avec une surface identique à GALLANDAT (1982) et 117 possédant une surface homogène de 25 m^2), ainsi que les 117 anciens relevés correspondants de Jean-Daniel Gallandat, ont été rattachés aux syntaxons du synsystème de GALLANDAT (1982). Pour cela, tous ces relevés ont été intégrés dans la base de données Phytobase (GILLET, 2010). Phytobase est une base de données phytosociologiques qui offre la possibilité de rattacher un relevé à un syntaxon sur la base du degré de similarité (composition spécifique) du relevé avec les différents syntaxons présents dans la base (Phytobase 8 ; GILLET, 2010). En outre, la base contient des informations sur l'écologie des syntaxons. Cependant, le synsystème de référence dans Phytobase est celui de JULVE (1998) prénommé *Baseveg* et il est un peu différent – ce qui est le cas pour tous les autres synsystèmes entre eux – de

celui de GALLANDAT (1982) ainsi que celui de BARDAT *et al.* (2004). Dans Phytobase, les alliances du *Calthion* et du *Filipendulion* n'existent pas, alors qu'elles existent dans le synsystème de GALLANDAT (1982). Par contre, les syntaxons élémentaires dans les deux systèmes sont identiques. Ainsi, le rattachement des relevés aux alliances du synsystème de GALLANDAT (1982) a été effectué à partir du diagnostic des syntaxons élémentaires donnés par Phytobase.

Le diagnostic des syntaxons élémentaires dans Phytobase s'effectue automatiquement : sept indices de ressemblance sont calculés entre chaque relevé inséré dans cette base (234 nouveaux ainsi que 117 relevés de GALLANDAT (1982) et les relevés centroïdes des syntaxons élémentaires stockés dans la base de données (GILLET, 2010). Deux indices prennent en compte le recouvrement des espèces (indices R et IVr), les cinq autres utilisent les présence-absence des espèces (indices IVp, FQI, PFDI, FPFI et FGFI) Pour le détail de chaque indice, voir le *Guide d'utilisation de Phytobase* (GILLET, 2010). Dans cette thèse, la moyenne de ces sept indices a ensuite été utilisée pour le diagnostic syntaxonomique de chaque relevé. Plus précisément, la valeur la plus élevée de cette moyenne a été employée : le relevé a ainsi été assigné au syntaxon élémentaire (SyE) avec lequel il a la plus grande similarité (qui correspond à la moyenne calculée précédemment la plus élevée). Puis, comme dit dans le paragraphe ci-dessus, chaque relevé a été rattaché à partir de ces syntaxons élémentaires aux alliances apparaissant dans le synsystème de GALLANDAT (1982), et non pas aux alliances figurant dans Phytobase qui proviennent du synsystème de JULVE (1998).

Le diagnostic issu de Phytobase a été comparé et approuvé par l'utilisation de la littérature (par exemple DELARZE & GONSETH, 2008 ; FERREZ *et al.,* 2011), ainsi que pas l'utilisation de tableaux homotones (seulement pour la section 3.1).

Comme précisé au paragraphe 2.2.1, le synsystème de GALLANDAT (1982) a été choisi dans cette thèse pour des questions d'homogénéisation de nomenclature (s'aligner avec la thèse de GALLANDAT (1982) et ses cartes phytosociologiques), mais aussi car son utilisation permet d'effectuer des comparaisons directes avec cet auteur : ceci est d'autant valable puisqu'un des objectifs de cette étude est la détection de changements de végétation entre cet auteur dans les années 1970-1980 et actuellement. Or, il est vrai que, même si ce synsystème est précis, il est ancien et contient des syntaxons qui sont considérés aujourd'hui comme obsolètes (la classe des *Molinio-Arrhenatheretea*, ainsi que les alliances du *Calthion palustris* TÜXEN 1937). En effet, d'autres conceptions plus récentes existent actuellement (par exemple JULVE, 1998 ; BARDAT *et al.,* 2004). Ceci met en évidence et renforce le fait qu'il y a des problèmes de compatibilité et de correspondance entre les unités phytosociologiques et les référentiels existants, mais aussi entre les référentiels nationaux et internationaux. En effet, des référentiels nationaux officiels différents entre Suisse et France existent, ce qui fait qu'aucun consensus n'est actuellement en vigueur dans les milieux humides. Ces raisons augmentent la pertinence du choix d'utilisation d'un unique synsystème celui de GALLANDAT (1982) pour une question d'homogénéisation, ce qui permet ainsi d'effectuer des comparaisons directes avec cet auteur.

2.3.4 Calcul des valeurs indicatrices de Landolt

Deux sections de cette thèse utilisent les valeurs indicatrices de LANDOLT *et al.* (2010) pour avoir une estimation des conditions écologiques des milieux végétaux (étude de la végétation : section 3.1) ainsi que pour estimer les causes écologiques des changements de végétation (section 4.1). Les valeurs indicatrices utilisées concernent les exigences écologiques des espèces liées à la lumière (L), à la température (T), à l'humidité du sol (F), au pH du sol (R), à la quantité d'humus dans le sol (H) ainsi qu'à la richesse du sol en nutriments (N). Toutes ces valeurs varient de 1 à 5 (5 correspondant à une valeur élevée pour l'indice en question).

Ces deux sections utilisent les valeurs indicatrices moyennes par relevé. Elles sont le résultat d'un produit matriciel entre les matrices de recouvrements relatifs (recouvrement de toutes les espèces présentes dans chaque relevé ajusté à 100%) et la matrice contenant les valeurs indicatrices pour chaque espèce végétale. Dans cette dernière matrice, l'amplitude écologique de chaque espèce n'a pas été utilisée pour pondérer les différentes valeurs indicatrices.

Ainsi, en résumé, dans l'approche diachronique, les anciens relevés sont utilisés comme point de départ pour détecter les éventuels changements de végétation dans l'ensemble des trois sites étudiés. Dans ce cas, de nouveaux relevés sont effectués aux mêmes emplacements selon les mêmes méthodes utilisés par GALLANDAT (1982) : les nouveaux relevés ont ainsi les mêmes surfaces que les anciens relevés et la même échelle de dominance est utilisée. Des paires d'anciens-nouveaux relevés sont donc obtenues. Par contre, dans l'approche synchronique, seul l'emplacement des anciens relevés est déterminant. En effet, comme il s'agit d'effectuer des descriptions actuelles, aux emplacements des anciens relevés de GALLANDAT (1982) sélectionnés, la végétation est décrite dans des carrés possédant une surface fixe de 25 m^2. Ces relevés sont effectués aux mêmes emplacements que ceux effectués par GALLANDAT (1982), notamment parce que les formes d'humus, également décrites dans cette partie synchronique (cf. sections 1.3 et 2.3), sont ensuite utilisées dans l'approche diachronique afin de détecter les causes des changements de végétation (Figure 1.17). Ceci est possible parce que les relevés utilisés dans chaque approche sont effectués à la même place.

2.4 Méthodes de description des sols et des formes d'humus sur le terrain

Au centre des surfaces des 117 relevés de végétation de l'approche synchronique (taille fixe de 25 m^2), un sondage pédologique ou profil a été effectué : tout d'abord, un trou de 20 cm de côté et d'environ 30 cm de profondeur a été creusé à l'aide d'une pelle américaine, puis à l'intérieur de ce trou, une tarière canal et/ou une tarière classique ont été utilisées pour continuer le sondage. Le centre de chaque surface a été choisi, pour homogénéisation, après avoir effectué quelques sondages aux abords du carré (sols identiques et donc représentatifs de chaque carré étudié). Une fois la carotte ainsi que le carré de sol (surface) sortis et déposés sur le sol, les horizons pédologiques ont été délimités et décrits selon le *Référentiel Pédologique* (BAIZE & GIRARD, 2009). Dans le même temps, divers paramètres ont été décrits et enregistrés (Tableau 2.5). Par ailleurs, des schémas pédologiques ont été réalisés pour chaque sondage de sols/formes d'humus : ils illustrent, en plus des photos du profil, les différents horizons présents dans chacun d'eux. Ces schémas peuvent être trouvés dans les sections 3.2, 3.3, 3.4 et 4.2, ainsi que dans l'Annexe A.5. La légende de ces schémas figure en début de l'Annexe A.5.
La numérotation des différents profils ou sondages pédologiques dans l'ensemble de cette recherche est la même que celle utilisée précédemment pour la végétation (cf. paragraphe 2.2.3).

Lorsqu'il n'a pas été possible de donner sur le terrain un nom à un horizon pédologique, ou alors lorsqu'un doute subsistait sur un des caractères de l'horizon (comme la texture ou le degré de décomposition des fibres d'un horizon tourbeux), un échantillon de ce dernier a été prélevé en vue d'analyses en laboratoire. Les échantillons prélevés ont été stockés quelques jours au réfrigérateur, puis congelés durant quelques mois afin d'éviter leur altération avant le travail de laboratoire. Avant les analyses, les échantillons ont été décongelés. Ces analyses ont été ciblées selon les doutes inhérents au terrain sur l'horizon concerné. Ainsi, toutes les analyses n'ont pas été effectuées pour chaque horizon prélevé. Les résultats des analyses, à l'exception de la teneur en eau et de l'humidité résiduelle, figurent dans les différentes Annexes A.5 concernant les relevés phytosociologiques et les sondages pédologiques (dans la dernière colonne du tableau de la rubrique sol et formes d'humus, sous la forme d'abréviations). Les analyses de laboratoire effectuées étaient :

- **la teneur en eau** : sa mesure a été faite sur tous les échantillons car elle sert à corriger les masses de sol utilisées lors des analyses (correspond à la différence de masse entre un sol frais et un sol séché à 105°C) ;
- **l'humidité résiduelle** : sa mesure a également été faite pour tous les échantillons, car elle sert également à corriger les masses de sol utilisées pour les analyses (correspond à la différence de masse entre un sol séché à 40°C et un sol séché à 105°C) ;
- la **perte au feu (PAF)** : sa mesure a été faite uniquement lors de doutes entre un horizon Hs et Hsl, ou entre un H et un A. Elle permet d'avoir une estimation de la quantité de matière organique dans un échantillon. En effet, cet échantillon, déposé dans un creuset en porcelaine, est brûlé par paliers à différentes températures pendant une journée. La fraction qui reste à la fin de la calcination est la matière minérale, et celle qui est partie est la matière organique. Tous les horizons, même ceux qui sont non tourbeux, ont été calcinés de la même façon, c'est-à-dire d'abord à 450°C, puis à 600°C (qui est la température conseillée pour calciner les tourbes). Un horizon H possède plus de 50% de matière organique, sauf les horizons Hsl qui peuvent contenir plus de 50% de matière minérale. Les horizons organo-minéraux contiennent quant à eux moins de 30% de matière organique ;
- la **granulométrie organique (% de fibres)** : elle a été faite uniquement sur des horizons H lorsque le taux de fibres était douteux sur le terrain (hésitation entre Hf, Hm et Hs). L'échantillon passe grâce à un flux d'eau continu à travers trois tamis (2000 µm, 200 µm et 50 µm) empilés les uns sur les autres. Les fractions retenues dans les tamis de 2000 µm et de 200 µm, les fibres, permettent l'attribution du qualificatif « fibrique », « mésique » ou « saprique » à l'horizon (fibrique, Hf, contient plus de 40 % de fibres ; mésique, Hm, contient entre 40% et 10% de fibres ; saprique, Hs, contient moins de 10% de fibres ; BAIZE & GIRARD, 2009) ;
- la **granulométrie minérale (texture)** : elle a été faite sur des horizons dont la texture (% d'argiles (< 2 µm), de limons (2 – 50 µm) et de sables (50 – 2000 µm)) estimée sur le terrain était douteuse ;
- le **carbone organique (Corg)** : son dosage a été fait uniquement pour confirmer ou non les résultats parfois « bizarres » de la perte au feu. Cette analyse, effectuée ici par la méthode Anne, permet de distinguer les horizons organo-minéraux (An : 20-30% de carbone ; Ah < 8% de carbone ; BAIZE & GIRARD, 2009) ;
- **la capacité d'échange cationique (CEC)** : elle a été mesurée pour estimer, de manière globale, combien de cations basiques disponibles pour les plantes sont présents dans les horizons. On obtient la somme globale des cations basiques (S), l'acidité d'échange (AE), la capacité totale d'échange (T) et le taux de saturation (V=S/T). La méthode utilisée est celle de l'échange à l'acétate d'ammonium.

Selon les analyses, l'échantillon utilisé était soit frais (perte au feu, teneur en eau, granulométrie organique), soit séché (humidité résiduelle), soit séché et tamisé à 2 mm (granulométrie minérale, CEC), soit séché, tamisé et broyé (carbone organique). Les détails et les démarches sur ces analyses sont issus des protocoles du Laboratoire Sol & Végétation et figurent en Annexe B.9.

2.4.1 Description des sols

Chaque sol décrit a ensuite été attribué à une RÉFÉRENCE selon le *Référentiel Pédologique* (BAIZE & GIRARD, 2009), en fonction des successions des horizons présents. Pour cela, tous les horizons présents dans chaque profil ont été utilisés. L'utilisation de qualificatifs a été nécessaire pour compléter et affiner leur description.

Le qualificatif « en surface » a été ajouté lorsque l'horizon apparaissait avant 40 cm de profondeur. Le qualificatif « de profondeur » a été ajouté lorsque l'horizon apparaissait entre 80 et 120 cm de profondeur.

Le qualificatif « leptique » a été ajouté lorsque l'horizon concerné ou le sol était moins épais que la RÉFÉRENCE habituelle, soit inférieur à 50 cm pour les réductisols (G < 50 cm), RÉDOXISOLS (g < 50 cm), et histosols (10 cm > H < 50 cm), ou soit inférieur à 35 cm pour les CALCOSOLS ou les CALCISOLS (A + S < 35 cm).

Le qualificatif « pachique » a été ajouté lorsque l'horizon concerné ou le sol était plus épais que la RÉFÉRENCE, soit supérieur à 35 cm pour un RENDISOL ou un RENDOSOL (A > 35 cm), ou soit supérieur à 80 cm pour un CALCOSOL ou un CALCISOL (A + S > 80 cm).

Le qualificatif « à horizon(s) A (g, Gr ou Go) humifère(s) » a été ajouté lorsqu'il y avait présence d'au moins un horizon Ah (gh, Grh ou Goh). Le qualificatif « à horizon(s) A et g (ou G) humifères » a été ajouté lorsqu'il y avait présence d'au moins un horizon Ah et d'au moins un horizon gh (ou Grh ou Goh).

Le qualificatif « à horizon réductique de profondeur » a été ajouté pour les RÉDOXISOLS qui avaient un horizon réductique (G) apparaissant entre 80 et 120 cm de profondeur. Le qualificatif « à horizon rédoxique de profondeur » a été ajouté dans les mêmes conditions pour les réductisols, c'est-à-dire lorsqu'un horizon rédoxique (g) apparaissait entre 80 et 120 cm de profondeur.

Le qualificatif « réductique » a été ajouté lorsque un horizon réductique (G) apparaissait dans un RÉDOXISOL entre 50 et 80 cm de profondeur (exemple : RÉDOXISOL réductique). Le qualificatif « rédoxique » a été ajouté lorsque un horizon rédoxique (g) apparaissait dans un réductisol entre 50 et 80 cm de profondeur (exemple : RÉDUCTISOL TYPIQUE rédoxique).

Le qualificatif « surrédoxique » a été ajouté pour les RÉDOXISOLS et les réductisols lorsque l'horizon rédoxique (g) apparaissait dans le profil avant 20 cm de profondeur.

Le qualificatif « à horizon histique fibrique (mésique ou saprique) » a été ajouté lorsqu'il y avait présence d'un horizon Hf (Hm ou Hs) dans un sol autre qu'un histosol.

Lors de rattachements doubles, les qualificatifs ont tous été regroupés à la fin, car un tel sol intermédiaire représente un mélange des deux RÉFÉRENCES.

Dans l'Annexe A.5, la référence de la WRB (IUSS WORKING GROUP WRB, 2006) a également été ajoutée pour chaque sondage pédologique, avec également quelques qualificatifs. Cette référence n'est cependant pas utilisée dans cette thèse et figure uniquement en annexe.

Dans le cas des RÉDUCTISOLS TYPIQUES à horizon rédoxique et des RÉDOXISOLS rédoxiques, la limite est peu évidente du fait qu'ils possèdent tous un horizon réductique vers le fond du profil et un horizon rédoxique vers le haut, et apparaissant entre 50 et 80 cm de profondeur. C'est en fait l'horizon le plus épais et le plus important dans chaque profil concerné qui a permis de décider entre un sol plutôt que l'autre.

En ce qui concerne plus particulièrement la notation des sols, ces dernières suivent les règles de nomenclature présentes dans le *Référentiel Pédologique* (BAIZE & GIRARD, 2009). Les sols suivant la RÉFÉRENCE sont écrits en PETITES CAPITALES (exemples : RÉDUCTISOL TYPIQUE, RÉDOXISOL, CALCOSOL), alors que les sols n'appartenant pas à une RÉFÉRENCE sont écrits en minuscule (exemples : réductisol, histosol) (cf. remarques générales avant le chapitre 1).

2.4.2 Description des formes d'humus

Les successions d'horizons présents depuis la surface jusqu'aux horizons organo-minéraux ont été comparées aux deux classifications de ZANELLA *et al*. (2011) et de JABIOL *et al.* (2013). Ainsi, deux noms ont été attribués à chaque forme d'humus en fonction de la présence et l'épaisseur des horizons holorganiques (OL, OF et OH), des horizons organiques histiques (H), et des horizons organo-minéraux (A). Dans le cas des sols complètement organiques (histiques), tous les horizons histiques ont été pris en compte. Les deux clés ou classifications ont été utilisées dans cette thèse, ceci non pas pour les comparer, mais afin de positionner les descriptions et observations faites sur le terrain dans un référentiel européen (ZANELLA *et al*., 2011) ainsi que dans un référentiel mondial (JABIOL *et al.*, 2013). Ceci facilitera les comparaisons ultérieures entre les pays européens mais aussi entre les continents. Les Annexes A.5, B.13, B.14, C.4 et C.6 contiennent les deux références. Par contre, dans les différents chapitres et sections, la nomenclature principale utilisée est celle de ZANELLA *et al*. (2011). La nomenclature selon JABIOL *et al.* (2013) est parfois donnée à titre indicatif : elle figure le plus souvent entre parenthèses après la nomenclature de ZANELLA *et al*. (2011). En ce qui concerne plus particulièrement la notation des formes d'humus, ces dernières sont toutes écrites en PETITES CAPITALES (cf. remarques générales avant le chapitre 1).

Des qualificatifs provenant de la clé de JABIOL *et al.* (2013) ont été également ajoutés à chaque forme d'humus et figurent uniquement dans les Annexes A.5.

Tableau 2.5 : Liste des descripteurs prélevés sur le terrain lors des sondages pédologiques, avec une explication pour chacun d'eux.

DESCRIPTEURS	EXPLICATIONS
Epaisseur des horizons (cm)	L'épaisseur de chaque horizon présent dans le profil a été calculée en fonction des profondeurs d'apparition des couches. Le symbole « & » signifie que l'horizon situé après le « & » est en poche ou en mosaïque dans l'horizon principal. Ainsi, l'épaisseur de l'horizon situé après le « & » a été fixée à 2 cm, en concordance avec tous les sondages effectués. Le symbole « - », signifie une transition entre deux horizons. Dans ce cas, l'épaisseur de chacun des deux horizons a été fixée à la moitié de l'épaisseur totale de ces deux horizons. Une épaisseur de 0 signifie l'absence de l'horizon en question.
Niveau d'humidité	Le niveau d'humidité au jour de la description a été estimé dans chaque horizon, selon une échelle spécialement créée : 0 = sec ; 1 = mouillé sans eau qui sort de la masse de sol ; 2 = eau sort lors d'une grande pression ; 3 = eau sort lors d'une petite pression ; 4 = dégouline d'eau.
Présence de carbonates (carbonaté, décarbonaté, ou absence)	Dans chaque horizon, la présence et l'absence de carbonates a été attestée par l'effervescence à l'HCl 6M dans tous les horizons du profil. L'échelle d'effervescence à l'HCl est : 0 = pas de réaction ; 1 = faible réaction non visible mais audible, 2 = réaction faible visible ; 3 = réaction moyenne visible ; 4 = réaction forte visible (Annexe B.9.1). Trois cas sont possibles : a) Un horizon est carbonaté et suffixé « ca » en présence d'une effervescence à l'HCl de 2/4 à 4/4. b) Un horizon est décarbonaté mais calcique est suffixé « ci » si : - l'effervescence est de 1/4 (décarbonatation en cours) ; - l'effervescence est de 0/4 ET qu'un horizon carbonaté est présent directement (ou non) en dessous sans rupture minéralogique nette et apparente (dépôts de minéral par alluvionnement, colluvionnement ou autre). c) La présence d'un horizon ni carbonaté, ni calcique (donc sans suffixe) a été attestée : - lorsque l'effervescence était de 0/4 ET qu'il n'y a pas d'horizon carbonaté en profondeur ; - lorsque l'effervescence était de 0/4 ET qu'il y a un horizon carbonaté présent directement (ou non) en dessous de l'horizon concerné ET qu'il y a présence de rupture minéralogique nette et apparente (apport de minéral).
Texture	La texture de chaque horizon a été estimée à la main, afin de détecter la présence d'argiles, de sables et de limons (exemple en Annexe B.9.1).
Indice de dégradation de von Post	Uniquement pour les horizons histiques (H). L'échelle de von Post va de 1 à 10 (1 : pas de décomposition ; 10 = décomposition totale) ; elle permet d'estimer la dégradation de la matière organique des horizons histiques selon des critères figurant dans l'Annexe B.9.7.
Structure	La structure de chaque horizon (quand cela est possible) a été estimée à la main. Pour les horizons organo-minéraux : micro-, méso-, macroagrégé ou massif, collant. Pour les horizons structuraux S : polyédrique ou subpolyédrique. Pour les horizons minéraux : particulaire ou massif (Annexe B.9.1).
Coordonnées	Coordonnées GPS (Garmin) de chaque profil. La coordonnée a été prise à l'endroit de chaque sondage pédologique avec une précision de 3 m.
Pente	La pente de chaque emplacement pédologique a été mesurée grâce à la boussole.
Exposition	L'exposition de chaque emplacement a été mesurée grâce à la boussole en se mettant dos à la pente (Annexe A.5).
pH Hellige	Le pH de chaque horizon a été mesuré grâce au kit pH Hellige. Un peu de terre fine est mélangée à quelques gouttes de la solution liquide du kit. La couleur est ensuite comparée à l'échelle, ce qui fournit une estimation du pH.
Présence (1) ou absence (0) de faune, de mousses ou de mycélium	Dans chaque horizon, la présence ou l'absence de faune, de mousses ou de mycélium a été attestée.

CHAPITRE 3

DESCRIPTIONS DE LA VEGETATION, DES SOLS ET DES FORMES D'HUMUS (approche synchronique)

Ce grand chapitre comporte les descriptions de la végétation (section 3.1), des sols (section 3.2) ainsi que des formes d'humus (section 3.3) trouvés dans le Haut-Jura, et plus précisément dans les sites étudiés. La section 3.4 correspond à l'étude des relations entre la végétation, les sols et les formes d'humus décrites dans les sections précédentes.

3 DESCRIPTIONS DE LA VEGETATION, DES SOLS ET DES FORMES D'HUMUS

3.1 Description de la végétation

3.1.1 Introduction

La description de la végétation actuelle dans une région apporte beaucoup d'informations sur l'état présent ainsi que sur la dynamique et le fonctionnement des écosystèmes (KENT, 2012). C'est aussi un important outil dans un but de conservation biologique, par exemple pour prédire les changements de végétation liés aux changements climatiques ou à l'agriculture. Aujourd'hui, dans la plupart des pays, les zones humides sont particulièrement menacées par ces modifications, notamment parce que ces perturbations menacent et changent à leur tour les fonctions particulières de ces milieux dans le paysage ainsi que la biodiversité typique qu'ils abritent (BERGAMINI & PAULI, 2001 ; PAULI *et al.*, 2002 ; VAN BELLE *et al.*, 2006 ; KLAUS, 2007 ; GRAF *et al.*, 2010 ; GUYONNEAU, 2010). En effet, les zones humides sont des milieux qui contiennent une grande biodiversité. Au niveau floristique, ces écosystèmes sont composés de nombreux types de végétation différents. De plus, ils contiennent des espèces végétales adaptées aux conditions particulières régnant dans ces environnements, c'est-à-dire à la saturation temporaire ou permanente en eau. Ils se différencient les uns des autres par des paramètres écologiques comme les sols et leurs caractéristiques, l'eau (quantité et chimie) ainsi que la gestion agricole (DELARZE & GONSETH, 2008).

Un moyen de décrire les communautés végétales est l'utilisation de relevés phytosociologiques et de la phytosociologie. Cette dernière est la science qui étudie les groupements végétaux, en les décrivant notamment d'un point de vue floristique, mais aussi écologiquement et dynamiquement (GUINOCHET, 1973). Ainsi, grâce au classement phytosociologique, les différents relevés sont classés en syntaxons, et les syntaxons les uns par rapport aux autres, selon leur composition floristique, sont regroupés dans un synsystème (système hiérarchique), du niveau inférieur au niveau supérieur : les associations végétales (*-etum*) sont regroupées en alliances (*-ion*), qui sont à leur tour classées en ordres (*-etalia*) puis en classes (*-etea*). Pour une plus grande finesse, des sous-unités peuvent être données pour chacun de ces niveaux hiérarchiques, comme la sous-association (*-etosum*).

Le but principal de cette section est d'étudier et de décrire, selon l'échantillonnage mis en place, les types de végétation présents dans l'ensemble des trois sites étudiés. Ces sites, deux présents en Suisse et un en France (cf. paragraphe 3.1.2), figurent dans plusieurs inventaires fédéraux pour la partie suisse (ORDONNANCE SUR LES HAUTS-MARAIS, 1991 ; ORDONNANCE SUR LES ZONES ALLUVIALES, 1992 ; ORDONNANCE SUR LES BAS-MARAIS, 1994 ; ORDONNANCE SUR LES SITES MARÉCAGEUX, 1996), ainsi que dans le réseau Natura 2000 pour la partie française (NATURA 2000, 1992), et sont donc connus pour être riches en biodiversité animale ou végétale. La végétation des sites de la Vallée de Joux a par ailleurs été étudiée il y a quelques temps déjà : en 1982 par GALLANDAT dans sa thèse (GALLANDAT, 1982), et en 1994 par BRESSOUD (premier plan de gestion des sites vaudois ; LE COVÉ SA, 1995). Plus récemment, en 2010, la végétation de la Vallée de Joux entière a été étudiée sur la base uniquement de quelques relevés et d'orthophotos dans le but d'établir l'évolution de la végétation des sites depuis la date du premier plan de gestion en 1994 (MAIBACH, 2013). Du côté français, le site de Chapelle-des-Bois est également très suivi, et a notamment été bien étudié en 2006 et 2007 (FERREZ, 2006 ; BAILLY *et al.*, 2007). La végétation d'une seule tourbière de la Vallée de Joux a également été étudiée récemment (CARRERA & BRODARD, 2014). Cependant, mis à part l'étude de (MAIRE, 2013) effectuée également sur les deux sites de la Vallée de Joux et de Chapelle-des-Bois mais dans un contexte de changement de végétation entre 1970 et 2011, il n'y a pas eu d'études concrètes réalisées récemment en utilisant des relevés phytosociologiques pour décrire la végétation actuelle de ces trois sites entiers. **Quels sont donc actuellement les divers types de végétation présents dans les sites d'étude ? Et y a-t-il des spécificités de végétation dans chaque site ?**

Afin de répondre à ces deux questions, des relevés phytosociologiques ont été effectués en 2012 et 2013 en suivant la phytosociologie sigmatiste. Ensuite, ces relevés ont été groupés à l'aide d'une méthode de groupement afin de rassembler les relevés les plus semblables. Chacun d'eux a ensuite été rattaché à un rang phytosociologique (alliance, association et sous-association notamment) selon le synsystème de GALLANDAT (1982) (Annexe A.2). Une ordination a également été faite dans le but d'identifier les caractères écologiques de chaque groupe et de chaque relevé. Ainsi, à la fin, une description floristique, écologique et dynamique de chaque type de végétation a été obtenue.

3.1.2 Matériel et méthodes

Sites étudiés

Trois sites du Haut-Jura localisés à environ 1000 m d'altitude sont étudiés : deux sites sont situés en Suisse et le troisième se trouve en France (Figure 3.1.1). Pour la

partie suisse, les zones humides d'intérêt se trouvent dans la Vallée de Joux dans le canton de Vaud, et plus précisément à La Burtignière (Ouest de la Vallée de Joux) et au Sentier (embouchure de l'Orbe dans le lac de Joux). En France, ce sont les marais et tourbières de Chapelle-des-Bois qui sont étudiés (départements du Doubs et Jura en Franche-Comté).

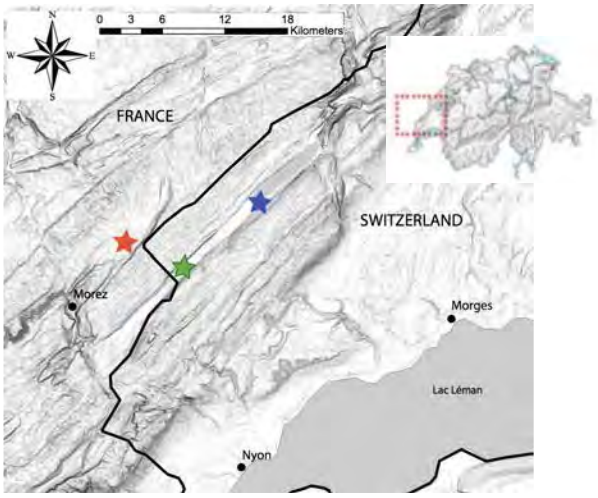


Figure 3.1.1 : Localisation des sites d'étude. En rouge, le site de Chapelle-des-Bois en France ; en bleu, le site du Sentier, et en vert, le site de La Burtignière à la Vallée de Joux en Suisse. Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).

Le climat du Haut-Jura est caractérisé par de fortes pluies (1500 à 1800 mm par an) ainsi que par des températures assez basses (moyenne annuelle de 5 à 6°C) tout au long de l'année (GALLANDAT, 1982 ; BAILLY *et al.*, 2007).
Historiquement, la Vallée de Joux et le site de Chapelle-des-Bois, ainsi qu'une majorité du Jura suisse et français, ont été recouverts par la calotte glaciaire jurassienne durant la glaciation würmienne (70'000 – 20'000 ans av. J.-C.). Cette calotte, en se retirant lentement, a laissé derrière elle des buttes morainiques ainsi qu'un matériel peu perméable, qui, avec les conditions climatiques rigoureuses et pluvieuses, ont permis la formation de tourbières et de lacs glaciaires.
Géologiquement, les sites de La Burtignière et du Sentier sont situés dans un synclinal dont la séquence stratigraphique montre une succession de matériel calcaire du Jurassique et du Crétacé ainsi que de la molasse du Tertiaire et des dépôts glaciaires très bien préservés du Quaternaire (BICHET & CAMPY, 2009). C'est un bassin fermé au fond duquel coule l'Orbe, une rivière partant du lac des Rousses en France et – sous son nouveau nom de Thielle – se jetant dans l'Aar en Suisse en ayant passé par les lacs de Joux, de Neuchâtel et de Bienne.
Le site de Chapelle-des-Bois, à cheval sur deux départements (Jura et Doubs), se situe dans un anticlinal érodé (l'anticlinal du Risoux), et repose sur des marno-calcaires du Jurassique. Il comporte deux petits lacs glaciaires, le lac des Mortes ainsi que le lac de Bellefontaine, posés dans une cuvette comblée par des dépôts glaciaires du Quaternaire (argiles notamment). Ce site est également considéré comme un bassin fermé de par la présence d'une moraine transversale au sud de ces lacs. De plus, ces deux petits lacs sont reliés par un ruisseau, le ruisseau des Mortes (BAILLY *et al.*, 2007).
Ces trois sites d'étude comportent ainsi une grande diversité de paysages et de milieux végétaux selon la topographie ou le matériel géologique.

Acquisition des données

L'échantillonnage des relevés s'est fait à partir des relevés de GALLANDAT (1982) (cf. section 2.2). Ceux-ci ont été relocalisés sur des photos aériennes ainsi que sur les cartes phytosociologiques géoréférencées de GALLANDAT (1982), avec l'aide d'ArcGIS (ESRI, 2011), grâce aux informations écrites et graphiques laissées par GALLANDAT (1982) dans ses cahiers de terrain ainsi que sur ses cartes phytosociologiques (Annexe A.1). Une fois les relevés géoréférencés sur ArcGIS, une première liste de 300 relevés, tous sites confondus, a été extraite, comportant notamment les coordonnées géographiques des relevés ainsi que l'alliance phytosociologique selon GALLANDAT (1982). De cette liste initiale, seuls les relevés propres à cinq alliances (*Caricion davallianae*, *Caricion fuscae*, *Molinion*, *Calthion* et *Filipendulion*), ayant une surface égale ou supérieure à 10 m^2 et possédant une information complète (dates, recouvrement, croquis pour faciliter la relocalisation), ont été conservés. Puis, un choix aléatoire dans R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, v. 3.0.2, 2013) d'environ 25 à 30 relevés a été fait pour chacune des cinq alliances phytosociologiques, avec la contrainte d'avoir au moins un relevé par association ou variante. Ainsi, une liste finale des relevés à revisiter en été 2012-2013 a été établie, et comportait pour chacun d'eux, les coordonnées géographiques, la surface, le recouvrement et d'autres indications ou remarques de GALLANDAT (1982). Sur le terrain, quelques relevés ont été abandonnés généralement du fait d'un accès peu aisé. Ainsi, au total, 117 relevés anciens GALLANDAT (1982) ont été relocalisés et ré-échantillonnés en été 2012 et 2013 (69 à La Burtignière, 23 sur le site du Sentier et 25 à Chapelle-des-Bois). Le point exact de l'emplacement de chaque relevé a été établi grâce à un GPS Garmin (précision à 3 m).
Après une vérification visuelle de l'homogénéité de la zone trouvée, un carré de 25 m^2 (5 x 5 m) fut délimité sur le sol, avec les coordonnées ciblées positionnées en bas à gauche du carré, en fonction de l'orientation donnée en Annexe A.5 (explication plus détaillé donnée dans cette Annexe). Une fois le relevé relocalisé et préparé sur le terrain, la liste de toutes les plantes contenues dans le carré a été établie (AESCHIMANN *et al.*, 2005 ; LAUBER *et al.*, 2007 ; EGGENBERG & MÖHL, 2008), ainsi que leur recouvrement absolu (correspondant à la projection verticale de chaque plante sur le sol) et leur sociabilité respectifs, selon l'échelle modifiée de BRAUN-BLANQUET (BRAUN-BLANQUET, 1964 ; Tableau 3.1.1 ; cf. section 2.3).

Tableau 3.1.1 : Dominace (recouvrement absolu) des plantes selon l'échelle modifiée de BRAUN-BLANQUET (1964), ainsi que le recouvrement absolu moyen utilisé dans cette étude.

ECHELLE DE BRAUN-BLANQUET	ESTIMATION DE LA DOMINANCE (%) DE CHAQUE PLANTE	RECOUVREMENT ABSOLU MOYEN (%)
r	1 ou 2 individus	0.01
+	<1	0.5
1	1 – 5	3
2	6 – 25	
2a	6 – 15	10
2b	16 – 25	20
3	26 – 50	32
4	51 – 75	57
5	>75	90

Les recouvrements de roches, de sol nu, de mousses et d'eau ont également été estimés sur l'ensemble du relevé. La fiche de terrain utilisée dans l'étude de la végétation figure dans l'Annexe B.8.

Transformation des données

Afin de procéder aux analyses statistiques, chaque code de dominance a d'abord été converti en recouvrement absolu moyen, ceci notamment parce que l'échelle de BRAUN-BLANQUET (1964) n'est pas linéaire (GILLET, 2000 ; Tableau 3.1.1).

Puis, tous les recouvrements absolus moyens de chaque espèce pour chaque relevé ont été ajustés à 100%, ceci afin d'obtenir le recouvrement relatif. Ensuite, comme la matrice des recouvrements relatifs contenait beaucoup de doubles zéros, une transformation d'Hellinger (fonction *decostand* de la librairie **vegan** ; NIKULIN, 2001 ; BORCARD *et al.*, 2011) a ensuite été appliquée sur l'ensemble des données (LEGENDRE & GALLAGHER, 2001).

Analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, v. 3.0.2, 2013).

Groupement

Les relevés ont été groupés à l'aide d'un groupement hiérarchique agglomératif en utilisant la méthode de Ward (variance minimisée au sein des groupes), ainsi que la distance d'Hellinger (librairies **vegan** et **stats** ; BORCARD *et al.*, 2011). Cette première étape permet de regrouper tous les relevés semblables en terme de composition floristique. Le nombre optimal de groupes (niveau de coupure du dendrogramme) a été décidé grâce à plusieurs indices ou graphes, comme (1) l'indice de Rousseeuw, (2) le graphe des « fusion levels », (3) le graphe des statistiques de Mantel, (4) le graphe des corrélations de spearman, et (5) le graphique des silhouettes (fonction *silhouette* de la **librairie cluster**) (BORCARD *et al.*, 2011). Le graphique des silhouettes, qui représente le degré d'appartenance de chaque relevé à chaque groupe, a permis de valider la qualité du groupement : une moyenne élevée pour un groupe donné signifie que ce dernier est homogène ; de plus, une moyenne élevée totale de ces silhouettes atteste de la bonne qualité du groupement, et donc que le nombre de groupe et la méthode de groupement choisis sont optimaux pour les données (Annexe B.6). Le groupement final a été obtenu avec la fonction *hcoplot.R* (BORCARD *et al.*, 2011) permettant d'avoir un dendrogramme réordonné, et donc d'avoir les objets les plus semblables dans un voisinage proche. Des couleurs ont été ajoutées sur ce dendrogramme afin de faciliter la visualisation des groupes.

Ordination (ACP)

L'agencement des groupes obtenus ainsi que leurs liens entre eux ont ensuite été analysés par une ordination non contrainte, l'Analyse en composantes principales (ACP ; librairie **vegan** ; BORCARD *et al.*, 2011).
Des valeurs indicatrices de Landolt (LANDOLT *et al.*, 2010) pondérées par le recouvrement relatif ont ensuite été projetées passivement grâce à la fonction *envfit* sur l'ACP, permettant ainsi d'obtenir la signification écologique de chaque axe, ainsi que la spécificité écologique de chaque groupe. Pour obtenir l'interprétation écologique de chaque axe de l'ACP, une corrélation de Pearson a été calculée entre la moyenne de chaque valeur indicatrice pour chaque relevé et les coordonnées de chaque relevé dans l'ACP. Les valeurs de Landolt utilisées ici sont la lumière (L), la température (T), l'humidité du sol (F), la quantité d'humus (H), la richesse en nutriments (N) ainsi que le pH du sol (R), et varient tous de 1 à 5 (5 correspondant à une valeur élevée pour l'indice en question). Les valeurs indicatrices moyennes par relevé sont le résultat du produit matriciel entre les matrices de recouvrements relatifs (recouvrement de toutes les espèces présentes dans chaque relevé ajusté à 100%) et la matrice contenant les valeurs indicatrices pour chaque espèce (cf. paragraphe 2.3.4).

Valeurs indicatrices par groupe

Des boxplots de chaque groupe pour chaque valeur indicatrice décrites ci-dessus ont également été réalisés, ceci afin de visualiser quantitativement et plus précisément la variabilité de chaque groupe, et notamment de déterminer quelles sont les valeurs indicatrices importantes expliquant la répartition de chaque groupe.

Espèces différentielles et tableaux de végétation

L'élaboration de tableaux homotones en phytosociologie est une étape nécessaire afin de distinguer la composition floristique de chaque groupe. La première étape est l'identification des espèces différentielles dans chaque groupe. Ces dernières ont été obtenues grâce à la fonction *Indval* (librairie **labdsv ;** DUFRÊNE & LEGENDRE, 1997), notamment en testant la fidélité de chaque espèce

à chaque groupe par des tests de permutations. Une espèce est différentielle si la p-value obtenue est inférieure à 0.05, et une espèce est indicatrice si l'indice « indval » est supérieur ou égal à 0.6 (critère décidé et adéquat selon les données obtenues et selon la littérature ; DE CACERES *et al.*, 2012 ; MAIRE, 2013 ; MUNGER *et al.*, 2014). Les relevés et les espèces sont ensuite triés en fonction des groupes et en fonction des valeurs discriminantes obtenues par la fonction *Indval*. Normalement, les espèces faiblement indicatrices (indval < 0.5) sont disposées en bas du tableau et ne sont pas utilisées. Or ici, toutes les espèces présentes dans le groupe ont été conservées et ont été triées en fonction de leur constance dans le groupe (fréquence de chaque espèce divisée par le nombre de relevés présents dans le groupe en question).

Rattachement phytosociologique des relevés et des groupes

Le rattachement de chaque relevé à des unités phytosociologiques (ici au synsystème décrit et étudié par GALLANDAT (1982) dans sa thèse ; Annexe A.2) s'est fait grâce à la classification obtenue par Phytobase (GILLET, 2010), ainsi qu'aux tableaux homotones obtenus (avec la notion d'espèces différentielles et d'espèces constantes : le diagnostic phytosociologique a été fait sur toutes les espèces différentielles du groupe ainsi que toutes les autres espèces possédant une constance égale ou supérieure à 50%, cf. ci-dessus), les spécificités de chaque groupe en terme de valeurs indicatrices ainsi que par l'utilisation d'ouvrages phytosociologiques comme OBERDORFER, (1983, 1992, 1993), FERREZ *et al.* (2011) ou le *Guide des milieux naturels de Suisse : Ecologie, menaces, espèces caractéristiques* (DELARZE & GONSETH, 2008). Un nom a été attribué à chaque groupe en fonction des différentes alliances qu'il contenait. Dans Phytobase, qui utilise le synsytème de Julve, des alliances présentes chez GALLANDAT (1982) telles que le *Calthion* et le *Filipendulion* n'existent pas. Ainsi, le rattachement des relevés aux alliances du synsystème de GALLANDAT (1982) s'est effectué à partir du diagnostic des syntaxons élémentaires donné par Phytobase (cf. paragraphe 2.3.3).

Richesse spécifique

La richesse spécifique moyenne (nombre moyen d'espèces) a été calculée sur l'ensemble des sites, sur les trois sites séparés, ainsi que pour chaque groupe, et pour chaque alliance, association et/ou sous-association végétale.

3.1.3 Résultats

Flore

L'ensemble des 117 placettes échantillonnées contient 256 espèces végétales, ce qui représente 8.5% de la flore présente en Suisse (3'000 espèces selon le *Flora Helvetica* ; LAUBER *et al.*, 2007) (Annexe B.1).

Parmi elles, figurent quelques espèces très rares et inscrites sur la Liste Rouge (MOSER *et al.*, 2002), comme *Hierochloe odorata* et *Drosera intermedia* (statut en danger EN en Suisse, dans le Jura et dans l'ouest du Jura), ainsi que *Calamagrostis canescens, Carex diandra, Cirsium tuberosum, Iris sibirica, Mentha spicata, Veratrum album* s.l. et *Veronica scutellata* (statut vulnérable VU en Suisse ; *Veronica scutellata* et *Calamagrostis canescens* sont considérés comme en danger EN dans la zone du Jura).

D'autres espèces présentes, comme *Equisetum variegatum, Helictotrichon pratense, Pedicularis palustris, Ranunculus polyanthemophyllus, Scutellaria galericulata, Trichophorum alpinum, Drosera rotundifolia, Salix pentandra, Schoenus ferrugineus* et *Serratula tinctoria* s.str., sont également considérées comme vulnérables (VU) dans la zone du Jura, mais pas dans l'ensemble de la Suisse. *Hypochaeris maculata* et *Rhynchospora alba* ne sont pas considérés comme menacés en Suisse, mais sont en danger (EN) dans le Jura.

Les espèces suivantes ont été observées dans plus de 50% des relevés : *Lathyrus pratensis, Polygonum bistorta, Cirsium rivulare, Festuca rubra* aggr.*, Molinia caerulea, Filipendula ulmaria, Succisa pratenis, Vicia cracca* s.str.*, Sanguisorba officinalis* et *Potentilla erecta.* Au contraire, un bon nombre d'espèces n'ont été vues que dans moins de 10 relevés, comme *Drosera intermedia, Daphne laureola, Silaum silaus, Chaerophyllum hirsutum, Bartsia alpina* et *Urtica dioica*.

Iris sibirica *photographié sur le site du Sentier.*

Types de végétation (groupement et ACP)

Le groupement Hellinger-Ward optimal répartit les 117 relevés en 10 groupes, nommés Groupe 1 à Groupe 10 (Figure 3.1.2). Deux clivages sont observés : à gauche un grand ensemble composé des groupes 1, 2, 4, 6 et 8, et à droite un autre ensemble composé des groupes 3, 5, 7, 9 et 10. Le graphe des silhouettes du dendrogramme figure à l'Annexe B.6.

Les figures suivantes permettent de voir la distribution des groupes en fonction des sites d'étude (Figures 3.1.2 et 3.1.3). Quelques groupes ne sont présents qu'à un seul endroit, comme le groupe 1 qui est uniquement présent à Chapelle-des-Bois, le groupe 4 qui se situe uniquement au Sentier, et les groupes 6, 7 et 9 uniquement présents à La Burtignière (Figure 3.1.3).

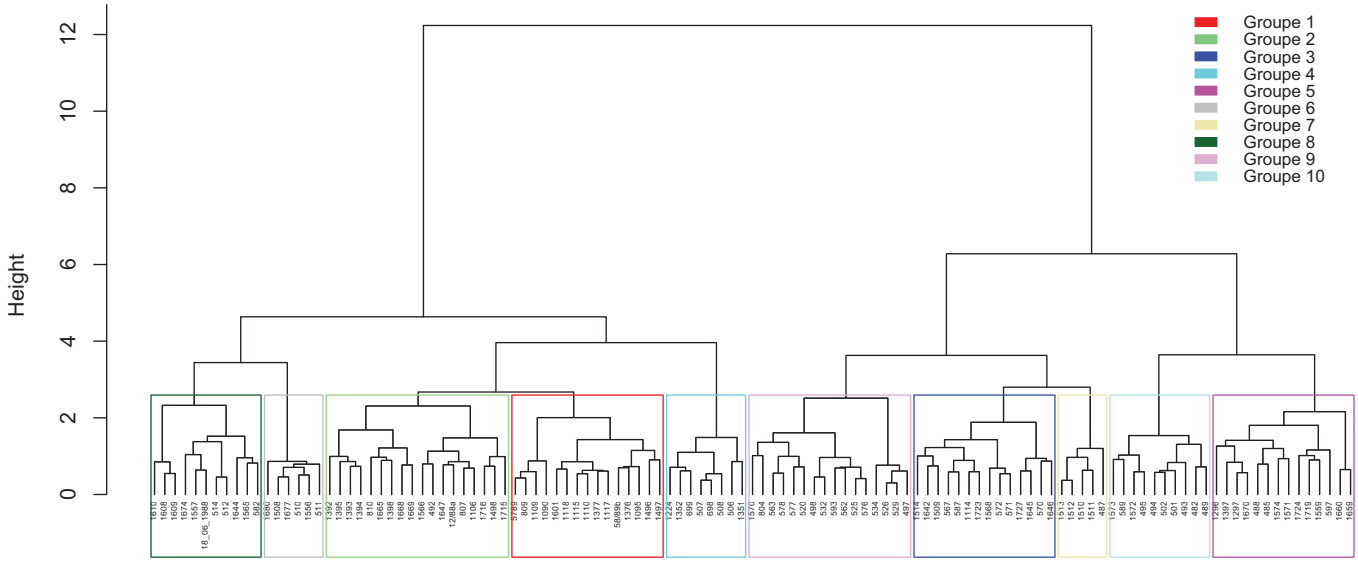


Figure 3.1.2 : Dendogramme réordonné des relevés de végétation, obtenu avec la distance d'Hellinger et la méthode de Ward. Les 117 relevés sont répartis en 10 groupes, du Groupe 1 au Groupe 10.

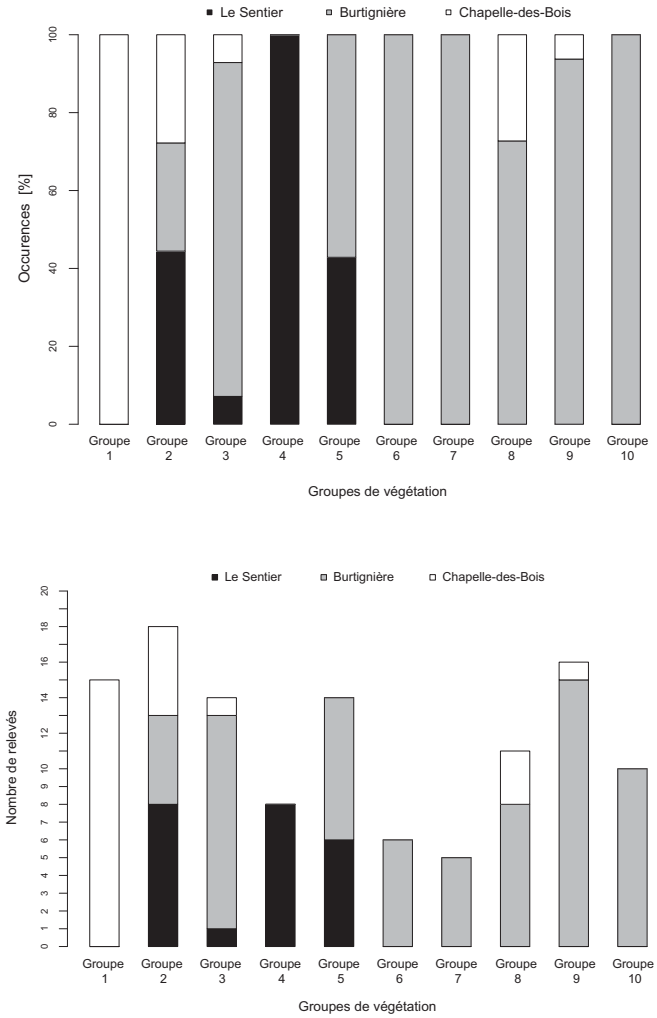


Figure 3.1.3 : Répartition des groupes entre les sites d'étude (en haut) et nombre de relevés présents dans chaque groupe et pour chaque site d'étude (en bas).

L'ACP (Figure 3.1.4) montre la répartition des groupes ainsi que leur relation avec les valeurs indicatrices de Landolt. Le premier axe de l'ACP, qui exprime 18% de la variance totale, est significativement corrélé avec les valeurs indicatrices L (Lumière) et N (Nutriments ; Tableau 3.1.2). Le deuxième axe, qui exprime 8% de la variance totale, est significativement corrélé avec le pH (valeur de Landolt R ; Tableau 3.1.2). Il se peut que les tests de corrélations soient surrestimés car biaisés : une version modifiée de la fonction *envfit()* devait être utilisée (ZELENÝ & SCHAFFERS, 2012). Cependant, les projections des valeurs indicatrices sont assez informatives. Ainsi, les groupes nitratophiles se situent sur la gauche de l'ACP, et les groupes possédant une végétation oligotrophile sont sur le côté droit. Aussi, les groupes possédant une végétation acidophile ou acidotolérante se trouvent sur le haut de l'ACP, et ceux avec une végétation plus neutre ou basophile sont en bas de la figure.

Ce clivage net entre des groupes nitratophiles et des groupes plus pauvres en azote et nutriments est d'ailleurs bien visible sur le dendrogramme (Figure 3.1.2) qui rassemble les milieux oligotrophes sur la gauche et les milieux plus riches en azote sur la droite, ainsi que sur les boxplots issus des valeurs indicatrices de Landolt qui rassemblent les milieux pauvres en nutriments en bas et les milieux plus riches en haut du boxplot (Figure 3.1.5).

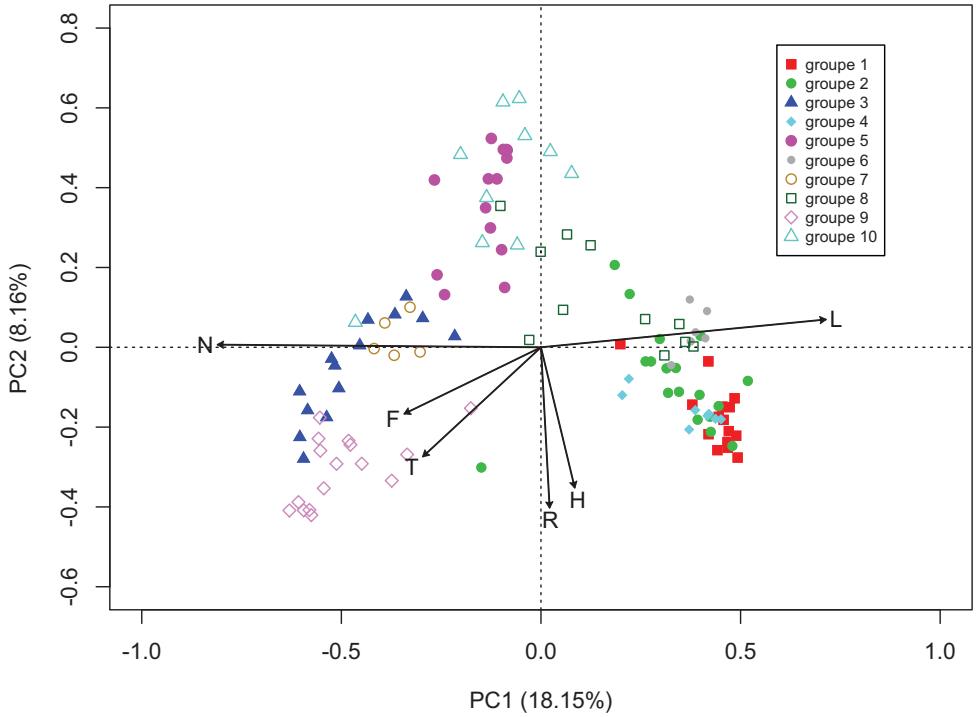


Figure 3.1.4 : Analyse en composantes principales effectuée sur les relevés de végétation, avec le résultat du groupement. Les valeurs indicatrices de LANDOLT et al. (2010) ont été projetées a posteriori sur l'ACP (scaling 2) grâce à la fonction envfit pour l'interprétation écologique des axes.

Tableau 3.1.2 : Corrélation de Pearson pour chaque valeur indicatrice de LANDOLT et al. (2010) et pour les deux premiers axes de l'ACP. L=Lumière ; T=Température ; H=Quantité en humus ; N=Quantité en nutriments ; F=Humidité du sol ; R=pH.

NS : non significatif ; ° P<0.1 ; * P<0.05 ; ** P<0.01 ; *** P<0.001

	AXE 1	AXE 2
Température (T)	-0.309***	-0.285**
Lumière (L)	0.745***	0.074NS
Humidité du sol (F)	-0.358***	-0.174°
pH (R)	0.023NS	-0.419***
Quantité en nutriments (N)	-0.846***	0.007NS
Quantité en humus (H)	0.088NS	-0.367***

Tableau 3.1.3* : Moyenne des valeurs indicatrices de LANDOLT et al. *(2010) dans chaque groupe. Les chiffres en gras représentent la valeur la plus grande pour chaque valeur indicatrice.

L=Lumière ; T=Température ; H=Quantité en humus ; N=Quantité en nutriments ; F=Humidité du sol ; R=pH.

	GROUPE 1 *15 relevés* *(13%)*	GROUPE 2 *18 relevés* *(15%)*	GROUPE 3 *14 relevés* *(12%)*	GROUPE 4 *8 relevés* *(7%)*	GROUPE 5 *14 relevés* *(12%)*	GROUPE 6 *6 relevés* *(5%)*	GROUPE 7 *5 relevés* *(4%)*	GROUPE 8 *11 relevés* *(9%)*	GROUPE 9 *16 relevés* *(24%)*	GROUPE 10 *10 relevés* *(9%)*
T	3.01	3.02	3.01	3.23	3.18	2.83	2.99	2.88	**3.29**	2.92
L	3.68	3.56	3.34	**3.80**	3.45	3.63	3.04	3.76	3.12	3.29
F	3.54	3.67	4.12	4.11	3.51	3.79	4.01	**4.33**	4.15	3.73
R	3.48	3.32	3.12	**3.49**	3.06	2.01	3.16	2.36	3.27	2.71
N	2.46	2.48	3.64	2.24	3.55	1.86	3.52	2.09	**3.73**	3.08
H	4.44	4.41	4.71	4.75	3.54	**4.97**	3.86	4.87	4.64	4.56

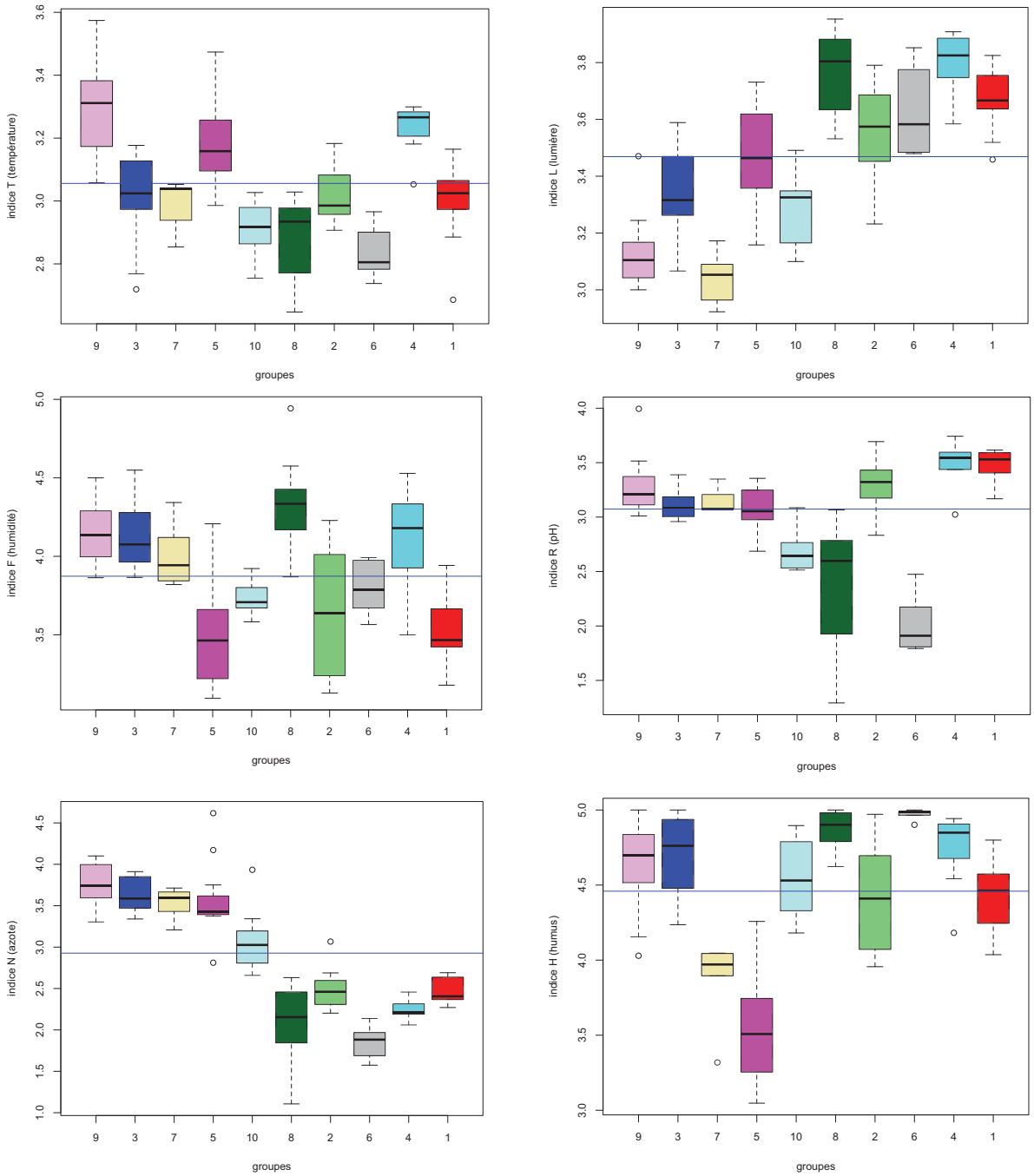


Figure 3.1.5 : Boxplots des valeurs indicatrices de LANDOLT et al. (2010) pour chaque groupe du dendrogramme. La moyenne de la valeur indicatrice est symbolisée dans chaque boxplot par la ligne bleue. L'ordre des groupes correspond à la position de ces derniers sur l'axe 1 de l'ACP (Figure 3.1.4).

Descriptions des groupes

Ci-après figurent les descriptions de chaque groupe avec la localisation des relevés effectués sur les trois sites (Burtignière : Figure 3.1.11 ; Sentier : Figure 3.1.12 ; Chapelle-des-Bois : Figure 3.1.13), les caractéristiques de chaque groupe ainsi que les différents types de végétation présents dans chaque groupe. La présentation des groupes ci-dessous suit l'ordre donné par le dendrogramme (Figure 3.1.2, de gauche à droite).

Les différents tableaux phytosociologiques (homotones de chaque groupe) ainsi qu'un tableau trié sont disponibles dans les Annexes B.2 et B.3. Un tableau présentant toutes les espèces différentielles détectées par l'indice Indval est disponible dans l'Annexe B.4. Par ailleurs, tous les détails sur les relevés figurent dans l'Annexe A.5.

De plus, la numérotation des différents relevés figurant dans cette étude est la même que celle donnée par GALLANDAT (1982) (cf. remarques générales avant le chapitre 1).

Groupe 8

Situation du groupe

Le groupe 8 contient 11 relevés, tous présents à La Burtignière (Figure 3.1.3).

Caractéristiques du groupe

Ce groupe contient une espèce indicatrice, *Carex rostrata*. Il est composé de six espèces différentielles significatives, comme *Eriophorum angustifolium, Trichophorum cespitosum* ou encore *Andromeda polifolia* (Tableau 3.1.4).

Tableau 3.1.4* : *Espèces différentielles significatives et espèces indicatrices (en gras) du groupe 8.

ESPÈCES	INDVAL	P-VALUE
Carex rostrata	0.775	0.001
Eriophorum angustifolium	0.390	0.001
Trichophorum cespitosum	0.306	0.005
Andromeda polifolia	0.273	0.007
Rhynchospora alba	0.273	0.009
Carex diandra	0.182	0.022
Drosera rotundifolia	0.182	0.028

Selon les valeurs indicatrices de Landolt (Figures 3.1.4 et 3.1.5 ; Tableau 3.1.3), ce groupe est très variable au niveau de la température et du pH. Par contre, ces milieux sont pauvres en nutriments, ont des sols contenant beaucoup d'humus, et sont assez humides.

Rattachement phytosociologique

Selon le synsystème de GALLANDAT (1982), deux relevés appartiennent à l'alliance du ***Caricion fuscae***, un relevé appartient à l'alliance du ***Rhynchosporion***, cinq relevés appartiennent à l'alliance du ***Caricion davallianae***, deux relevés appartiennent à l'alliance du ***Magnocaricion***, et le dernier relevé appartient à l'alliance du ***Filipendulion*** (Tableau 3.1.5).

Tableau 3.1.5* : *Alliances, associations (-etum) et sous-associations (-etosum) présentes dans le groupe 8.

N° RELEVÉ	VÉGÉTATION
1610	*Rhynchosporion*– *Rhynchosporetum albae*
512, 514	*Caricion fuscae* – *Caricetum fuscae comaretosum*
1608, 1609	*Caricion davallianae* – Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartsia alpina*
1557, 1674	*Caricion davallianae* – Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*
18_06_1988	*Caricion davallianae* – *Caricetum davallanae typicum*, variante à *Trichophorum cespitosum*
1565, 1644	*Magnocaricion* – *Caricetum rostratae*
582	*Filipendulion* – *Aconito-Filipenduletum succisetosum*

Groupe 6

Situation du groupe

Le groupe 6 contient six relevés, tous présents sur le site de La Burtignière (Figure 3.1.3).

Caractéristiques du groupe

Il contient trois espèces indicatrices : *Eriophorum vaginatum*, *Calluna vulgaris* et *Vaccinium uliginosum*. Sept autres espèces différentielles significatives y sont également présentes, comme *Vaccinium oxycoccos*, *Vaccinium myrtillus* ou encore *Molinia caerulea* (Tableau 3.1.6).

Tableau 3.1.6* : *Espèces différentielles significatives et espèces indicatrices (en gras) du groupe 6.

ESPÈCES	INDVAL	P-VALUE
Eriophorum vaginatum	0.872	0.001
Calluna vulgaris	0.834	0.001
Vaccinium uliginosum	0.833	0.001
Vaccinium oxycoccos	0.445	0.001
Melampyrum sylvaticum	0.426	0.001
Vaccinium myrtillus	0.333	0.004
Pinus mugo subsp. *uncinata*	0.305	0.005
Molinia caerulea	0.291	0.001
Potentilla erecta	0.192	0.021
Carex echinata	0.190	0.033

Selon les valeurs indicatrices de Landolt (Figures 3.1.4 et 3.1.5 ; Tableau 3.1.3), les milieux de ce groupe sont très acides, très pauvres en nutriments et contiennent beaucoup d'humus dans le sol.

Rattachement phytosociologique

Ce groupe est composé uniquement de relevés appartenant à l'alliance du ***Caricion fuscae***, plus précisément à l'association ***Caricetum fuscae trichophoretosum*** (Tableau 3.1.7).

Tableau 3.1.7* : *Alliances, associations (-etum) et sous-associations (-etosum) présentes dans le groupe 6.

N° RELEVÉ	VÉGÉTATION
1508, 1556, 1677, 510, 511, 1680	*Caricion fuscae* – *Caricetum fuscae trichophoretosum*

Groupe 2

Situation du groupe

Le groupe 2, contient 18 relevés répartis sur les trois sites d'étude et apparaissant plus particulièrement sur le site du Sentier (Figure 3.1.3).

Caractéristiques du groupe

Ce groupe ne contient aucune espèce indicatrice. Cependant, il est composé de nombreuses espèces différentielles significatives, comme *Galium boreale*, *Briza media* ou encore *Carex davalliana* (Tableau 3.1.8).

Tableau 3.1.8* : *Espèces différentielles significatives du groupe 2.

ESPÈCES	INDVAL	P-VALUE
Galium boreale	0.302	0.006
Briza media	0.211	0.026
Carex caryophyllea	0.167	0.032
Euphorbia verrucosa	0.180	0.035
Koeleria pyramidata	0.167	0.037
Carex davalliana	0.196	0.041
Scabiosa lucida	0.179	0.044

Selon les valeurs indicatrices de Landolt (Figures 3.1.4 et 3.1.5 ; Tableau 3.1.3), les milieux de ce groupe sont pauvres en nutriments et basiques. Les sols de ce groupe possèdent une grande variabilité en humidité et en humus.

Tableau 3.1.9* : *Alliances, associations (-etum) et sous-associations (-etosum) présentes dans le groupe 2.

N° RELEVÉ	VÉGÉTATION
1106, 1566	*Caricion davallianae* – *Caricetum davallianae typicum*
12 88a, 1716, 1498, 807	*Caricion davallianae* – Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*
1647	*Caricion davallianae* – *Caricetum davallianae caricetosum flaccae*
1669	*Caricion davallianae* – *Primulo-Schoenetum typicum,* variante à *Carex flacca*
1715	*Caricion fuscae* – *Caricetum fuscae trichophoretosum*
492	*Calthion* – *Trollio-Cirsietum potentilletosum,* variante à *Carex davallianae*
1392, 1393, 1394, 1395, 1398, 1665, 1668	*Molinion* – *Trollio-Molinietum silaetosum,* variante à *Sesleria caerulea*
810	*Molinion* – *Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana*

Rattachement phytosociologique

Selon le synsystème de GALLANDAT (1982), huit relevés appartiennent à l'alliance du ***Caricion davallianae***, un relevé appartient à l'alliance du ***Caricion fuscae***, un relevé appartient à l'alliance du ***Calthion***, et les huit relevés restants appartiennent à l'alliance du ***Molinion*** (Tableau 3.1.9). Un relevé du ***Molinion*** provient de Chapelle-des-Bois (810) et les autres sont localisés au Sentier (sous-association *Trollio-Molinietum silaetosum*).

Groupe 1

Situation du groupe

Le groupe 1, composé de 15 relevés, n'est présent que sur le site de Chapelle-des-Bois (Figure 3.1.3).

Caractéristiques du groupe

Ce groupe contient trois espèces indicatrices, *Serratula tinctoria* s.str.*, Carex montana* et *Trifolium montanum.* Il est aussi composé de 20 autres espèces différentielles significatives, comme *Carex flacca, Lotus corniculatus* ou encore *Carex sempervirens* (Tableau 3.1.10).

Tableau 3.1.10* : *Espèces différentielles significatives et espèces indicatrices (en gras) du groupe 1.

ESPÈCES	INDVAL	P-VALUE
***Serratula tinctoria* s.str.**	0.867	0.001
Carex montana	0.629	0.001
Trifolium montanum	0.628	0.001
Carex flacca	0.456	0.001
Lotus corniculatus	0.437	0.001
Dactylorhiza fistulosa	0.412	0.001
Carex sempervirens	0.364	0.002
Gentiana lutea	0.360	0.003
Carex hostiana	0.340	0.002
Leucanthemum adustum	0.333	0.003
Phyteuma orbiculare	0.333	0.003
Trollius europaeus	0.316	0.001
Carex panicea	0.304	0.006
Carum carvi	0.294	0.006
Gymnadenia conopsea	0.277	0.005
Hippocrepis comosa	0.267	0.009
Sanguisorba officinalis	0.257	0.001
Succisa pratensis	0.228	0.008
Platanthera chlorantha	0.200	0.012
Trifolium medium	0.200	0.019
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	0.187	0.03
Astrantia major	0.181	0.048
Linum catharticum	0.171	0.044

Selon les valeurs indicatrices de Landolt (Figures 3.1.4 et 3.1.5 ; Tableau 3.1.3), les milieux de ce groupe sont pauvres en nutriments et sont relativement basiques et secs.

Rattachement phytosociologique

Les espèces différentielles et indicatrices ainsi que la classification automatique issue de Phytobase donnent le même résultat. Selon le synsystème de GALLANDAT (1982),

ces relevés appartiennent à l'alliance du ***Molinion***, plus précisément à l'association bien représentée à Chapelle-des-Bois, le ***Trollio-Molinietum***, sous-association ***caricetosum sempervirentis*** (Tableau 3.1.11). Par ailleurs, ces relevés appartenant à cette sous-association peuvent être répartis en deux variantes : la **variante à *Carex hostiana*** et la **variante à *Cirsium acaule***.

Tableau 3.1.11* : *Alliances, associations (-etum) et sous-associations (-etosum) présentes dans le groupe 1.

N° RELEVÉ	VÉGÉTATION
1090, 1095, 1109, 1376, 1496, 1497, 1601, 5789, 58/89b, 809	*Molinion – Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana*
1110, 1115, 1117, 1118, 1377	*Molinion – Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Cirsium acaule*

Groupe 4

Situation du groupe

Le groupe 4 contient huit relevés ne se trouvant qu'au Sentier (Figure 3.1.3).

Caractéristiques du groupe

Il contient une espèce indicatrice, *Schoenus ferrugineus*. De plus, cinq espèces différentielles significatives sont également présentes, comme *Phragmites australis*, *Salix repens* ou *Parnassia palustris* (Tableau 3.1.12).

Tableau 3.1.12 : Espèces différentielles significatives et espèces indicatrices (en gras) du groupe 4.

ESPÈCES	INDVAL	P-VALUE
Schoenus ferrugineus	0.972	0.001
Phragmites australis	0.400	0.001
Salix repens	0.391	0.002
Parnassia palustris	0.269	0.009
Betula pubescens	0.249	0.012
Equisetum variegatum	0.194	0.02

Selon les valeurs indicatrices de Landolt (Figures 3.1.4 et 3.1.5 ; Tableau 3.1.3), les relevés de ce groupe sont très pauvres en nutriments, humides et contiennent passablement d'humus dans le sol.
Ces milieux sont par ailleurs les plus basiques et ceux ayant le plus de lumière au sol de tous les groupes.

Rattachement phytosociologique

Ce groupe est composé de relevés qui appartiennent tous à l'alliance du ***Caricion davallianae***, et à l'association du ***Primulo-Schoenetum***, avec plusieurs sous-associations observées (Tableau 3.1.13).

Tableau 3.1.13* : *Alliances, associations (-etum) et sous-associations (-etosum) présentes dans le groupe 4.

N° RELEVÉ	VÉGÉTATION
1351, 1352, 506, 508, 698, 699	*Caricion davallianae – Primulo-Schoenetum typicum,* variante à *Carex flacca*
507	*Caricion davallianae – Primulo-Schoenetum typicum,* variante typique
1224	*Caricion davallianae – Primulo-Schoenetum equisetosum variegati*

Groupe 9

Situation du groupe

Le groupe 9 contient 16 relevés, présents en majorité à La Burtignière (Figure 3.1.3).

Caractéristiques du groupe

Ce groupe contient une espèce indicatrice, *Carex acutiformis*. Il est composé de nombreuses espèces différentielles significatives, comme *Phalaris arundinacea, Calamagrostis canescens* ou encore *Cirsium oleraceum* (Tableau 3.1.14).

Tableau 3.1.14* : *Espèces différentielles significatives et espèces indicatrices (en gras) du groupe 9.

ESPÈCES	INDVAL	P-VALUE
Carex acutiformis	0.824	0.001
Phalaris arundinacea	0.564	0.001
Calamagrostis canescens	0.500	0.001
Cirsium oleraceum	0.203	0.041
Galium mollugo s.str.	0.202	0.026

Selon les valeurs indicatrices de Landolt (Figures 3.1.4 et 3.1.5 ; Tableau 3.1.3), ce groupe est assez humide et très riche en nutriments. Les relevés de ce groupe ont un pH relativement élevé et ont peu de lumière arrivant au sol. Les sols de ce groupe contiennent beaucoup d'humus. La valeur indicatrice de Landolt T (température) possède dans ce groupe sa moyenne la plus élevée, mais aussi la plus grande variation (Tableau 3.1.3 ; Figures 3.1.4 et 3.1.5).

Tableau 3.1.15* : *Alliances, associations (-etum) et sous-associations (-etosum) présentes dans le groupe 9.

N° RELEVÉ	VÉGÉTATION
1570	*Magnocaricion – Caricetum acutiformis*
497, 498, 520, 525, 526, 529, 532, 534, 562, 576, 593	*Filipendulion – Aconito-Filipenduletum typicum,* variante à *Calamagrostis canescens*
563, 578	*Filipendulion – Aconito-Filipenduletum typicum,* variante à *Trollius europaeus*
577	*Filipendulion – Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*
804	*Filipendulion – Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae,* variante à *Phragmites australis*

Rattachement phytosociologique

Selon le synsystème de GALLANDAT (1982), un relevé appartient à l'alliance du ***Magnocaricion***. Les autres relevés appartiennent à l'alliance du ***Filipendulion*** (Tableau 3.1.15).

Groupe 3

Situation du groupe

Le groupe 3, qui contient 14 relevés, est trouvé de façon abondante sur le site de La Burtignière (Figure 3.1.3).

Caractéristiques du groupe

Ce groupe ne contient aucune espèce indicatrice. Cependant, il est composé de quatre espèces différentielles significatives, comme *Carex paniculata, Filipendula ulmaria* et *Caltha palustris* (Tableau 3.1.16).

Tableau 3.1.16 : Espèces différentielles significatives du groupe 3.

ESPÈCES	INDVAL	P-VALUE
Carex paniculata	0.492	0.001
Filipendula ulmaria	0.303	0.001
Caltha palustris	0.252	0.006
Carex elata	0.189	0.028

Selon les valeurs indicatrices de Landolt (Figures 3.1.4 et 3.1.5 ; Tableau 3.1.3), les relevés de ce groupe sont riches en nutriments, humides, avec des sols contenant passablement d'humus. Par ailleurs, ces milieux ont relativement peu de lumière arrivant au sol.

Rattachement phytosociologique

Les espèces différentielles et indicatrices ainsi que la classification automatique issue de Phytobase donnent le même résultat. Les relevés du groupe 3 appartiennent tous à l'alliance du ***Filipendulion***, et plus précisément à l'association de l'***Aconito-Filipenduletum*** (Tableau 3.1.17).

Tableau 3.1.17 : Alliances, associations (-etum) et sous-associations (-etosum) présentes dans le groupe 3.

N° RELEVÉ	VÉGÉTATION
1509, 1568, 567, 571, 572, 587	*Filipendulion – Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*
1114, 1727, 570	*Filipendulion – Aconito-Filipenduletum typicum*
1514, 1645, 1646, 1723	*Filipendulion – Aconito-Filipenduletum succisetosum*
1642	*Filipendulion – Aconito-Filipenduletum polemonietosum*

Groupe 7

Situation du groupe

Le groupe 7 contient cinq relevés, tous présents sur le site de La Burtignière (Figure 3.1.3).

Caractéristiques du groupe

Ce groupe contient quatre espèces indicatrices, *Scirpus sylvaticus, Chaerophyllum hirsutum, Carex sylvatica* et *Equisetum sylvaticum*. 14 espèces différentielles significatives sont également présentes, comme *Silene dioica*, *Primula elatior* s.str. ou *Veratrum album* s.l. (Tableau 3.1.18).

Tableau 3.1.18 : Espèces différentielles significatives et espèces indicatrices (en gras) du groupe 7.

ESPÈCES	INDVAL	P-VALUE
Scirpus sylvaticus	0.914	0.001
Chaerophyllum hirsutum	0.789	0.001
Carex sylvatica	0.600	0.001
Equisetum sylvaticum	0.600	0.001
Silene dioica	0.553	0.001
Primula elatior s.str.	0.536	0.001
Veratrum album s.l.	0.536	0.001
Geranium sylvaticum	0.466	0.001
Leontodon hispidus s.str.	0.451	0.001
Crepis paludosa	0.445	0.001
Aconitum neomontanum	0.390	0.001
Cirsium rivulare	0.300	0.001
Geum rivale	0.280	0.005
Epilobium parviflorum	0.207	0.024
Ranunculus aconitifolius	0.203	0.027
Athyrium filix-femina	0.200	0.042
Rubus idaeus	0.200	0.044
Daphne laureola	0.200	0.047

Selon les valeurs indicatrices de Landolt (Figures 3.1.4 et 3.1.5 ; Tableau 3.1.3), ce groupe contient beaucoup de nutriments, et est relativement basique et humide.

Rattachement phytosociologique

Ce groupe est composé de relevés appartenant à l'alliance du ***Filipendulion*** (Tableau 3.1.19). Deux associations y sont présentes : l'***Aconito-Chaerophylletum*** et l'***Aconito-Filipenduletum.***

Tableau 3.1.19 : Alliances, associations (-etum) et sous-associations (-etosum) présentes dans le groupe 7.

N° RELEVÉ	VÉGÉTATION
1510, 1511, 1512, 1513	*Filipendulion – Aconito-Chaerophylletum*
487	*Filipendulion – Aconito-Filipenduletum succisetosum*

Groupe 10

Situation du groupe

Le groupe 10 contient dix relevés présents à La Burtignière (Figure 3.1.3).

Caractéristiques du groupe

Ce groupe ne contient aucune espèce indicatrice. Cependant, il est composé de nombreuses espèces

différentielles significatives, comme *Viola palustris, Rumex acetosa* ou *Polygonum bistorta* (Tableau 3.1.20).

Tableau 3.1.20 : Espèces différentielles significatives du groupe 10.

ESPÈCES	INDVAL	P-VALUE
Viola palustris	0.575	0.001
Rumex acetosa	0.569	0.001
Polygonum bistorta	0.365	0.001
Epilobium palustre	0.365	0.003
Carex nigra	0.326	0.002
Luzula multiflora	0.322	0.001
Deschampsia cespitosa	0.320	0.001
Festuca rubra aggr.	0.274	0.002
Galium uliginosum	0.270	0.004
Festuca ovina aggr.	0.265	0.009
Anthoxanthum odoratum	0.240	0.009
Agrostis canina	0.183	0.043
Helictotrichon pubescens	0.168	0.046
Alchemilla glabra aggr.	0.154	0.049

Selon les valeurs indicatrices de Landolt (Figures 3.1.4 et 3.1.5 ; Tableau 3.1.3), ce groupe est assez acide, assez sec et assez riche en nutriments, avec peu de lumière arrivant au sol. Les sols de ce groupe contiennent beaucoup d'humus.

Rattachement phytosociologique

Selon le synsystème de GALLANDAT (1982), deux relevés font partie de l'alliance du ***Filipendulion***, trois relevés appartiennent à l'alliance du ***Calthion***. Les relevés restants font partie d'une mosaïque entre l'alliance du ***Caricion fuscae*** et l'alliance du ***Calthion*** (Tableau 3.1.21).

Tableau 3.1.21 : Alliances, associations (-etum) et sous-associations (-etosum) présentes dans le groupe 10.

N° RELEVÉ	VÉGÉTATION
1573, 589	*Filipendulion* – *Aconito-Filipenduletum succisetosum*
482, 489, 493,	*Calthion* – *Trollio-Cirsietum potentilletosum*
494, 495, 501, 502, 1572	*Caricion fuscae* – *Caricetum fuscae trichophoretosum (mosaïque)*

Groupe 5

Situation du groupe

Le groupe 5 contient 14 relevés provenant des deux sites de la Vallée de Joux (Figure 3.1.3).

Caractéristiques du groupe

Ce groupe contient deux espèces indicatrices, *Trifolium repens* s.str. et *Cynosurus cristatus*. Il est par ailleurs composé de beaucoup d'autres espèces différentielles significatives, comme *Festuca pratensis* s.str., *Alopecurus pratensis* ou encore *Trifolium pratense* s.str. (Tableau 3.1.22).

Tableau 3.1.22 : Espèces différentielles significatives et espèces indicatrices (en gras) du groupe 5.

ESPÈCES	INDVAL	P-VALUE
***Trifolium repens* s.str.**	0.731	0.001
Cynosurus cristatus	0.622	0.001
Festuca pratensis s.str.	0.548	0.001
Alopecurus pratensis	0.456	0.001
Trifolium pratense s.str.	0.454	0.001
Taraxacum officinale aggr.	0.429	0.001
Phleum pratense s.str.	0.425	0.002
Ranunculus repens	0.391	0.002
Agrostis stolonifera	0.371	0.001
Myosotis scorpioides	0.366	0.001
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	0.361	0.001
Carex hirta	0.345	0.001
Alchemilla vulgaris aggr.	0.328	0.001
Veronica beccabunga	0.314	0.005
Veronica chamaedrys	0.309	0.006
Dactylis glomerata	0.275	0.005
Cerastium fontanum subsp. *vulgare*	0.259	0.018
Rhinanthus alectorolophus	0.259	0.022
Poa pratensis	0.241	0.01
Glyceria notata	0.214	0.018
Juncus inflexus	0.209	0.024
Juncus articulatus	0.207	0.022
Poa trivialis s.str.	0.175	0.037
Rumex crispus	0.158	0.048

Selon les valeurs indicatrices de Landolt (Figures 3.1.4 et 3.1.5 ; Tableau 3.1.3), les milieux de ce groupe sont riches en nutriments, assez secs, et contiennent le moins d'humus dans le sol.

Rattachement phytosiologique

Selon le synsystème de GALLANDAT (1982), dix relevés appartiennent à l'alliance du ***Calthion***, deux relevés appartiennent à l'alliance du ***Filipendulion***, et les deux relevés restants, localisés au Sentier, appartiennent à l'alliance de l'***Alliarion*** (Tableau 3.1.23).

Tableau 3.1.23 : Alliances, associations (-etum) et sous-associations (-etosum) présentes dans le groupe 5.

N° RELEVÉ	VÉGÉTATION
1296, 1297, 1397, 1670	*Calthion* – *Trollio-Cirsietum colchicetosum*
485, 488	*Calthion* – Groupement à *Juncus inflexus*
1571, 1574, 1719	*Calthion* – *Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*
1724	*Calthion* – Groupement à *Glyceria pliata* et *Juncus alpinoarticulatus*
1559, 597	*Filipendulion* – *Aconito-Filipenduletum succisetosum*
1659, 1660	*Alliarion* – Groupement à *Galeopsis tetrahit* et graminées

Richesse spécifique

La richesse spécifique sur l'ensemble des relevés échantillonnés est en moyenne d'environ 23 espèces, variant entre 3 et 50 espèces (Annexe B.5).
Le site de La Burtignière contient une plus grande variation dans le nombre d'espèces (avec le relevé 1570 contenant 3 espèces, et le relevé 589 contenant 50 espèces). Le site de Chapelle-des-Bois possède également une grande hétérogénéité dans la richesse spécifique. Les relevés du site du Sentier sont plus homogènes (Figure 3.1.6).

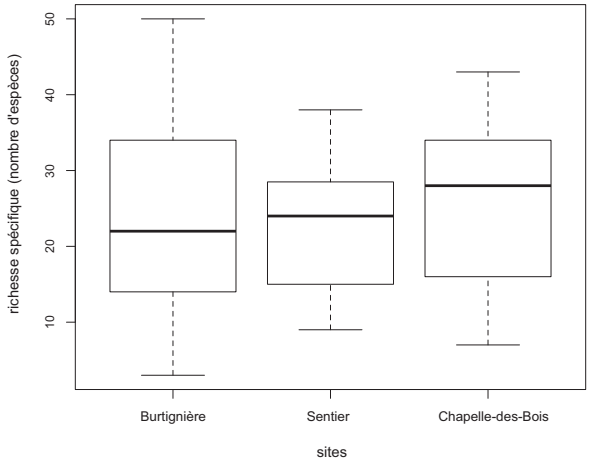


Figure 3.1.6 : Boxplot du nombre d'espèces pour chaque site d'étude (La Burtignière, Le Sentier et Chapelle-des-Bois).

En ce qui concerne la richesse spécifique de chaque groupe (Tableau 3.1.24), on remarque que le groupe 1 est le groupe le plus riche avec une moyenne de 32 espèces. Il est suivi par le groupe 5 avec 31 espèces en moyenne, puis par le groupe 2 avec en moyenne 29 espèces. La plus petite richesse spécifique moyenne est pour le groupe 9 avec seulement 12 espèces.

Tableau 3.1.24* : *Moyenne de la richesse spécifique dans chaque groupe.

	GROUPE 1 *15 relevés (13%)*	**GROUPE 2** *18 relevés (15%)*	**GROUPE 3** *14 relevés (12%)*	**GROUPE 4** *8 relevés (7%)*	**GROUPE 5** *14 relevés (12%)*
Richesse spécifique	**31.87**	29.11	20.93	17	31.29
	GROUPE 6 *6 relevés (5%)*	**GROUPE 7** *5 relevés (4%)*	**GROUPE 8** *11 relevés (9%)*	**GROUPE 9** *16 relevés (24%)*	**GROUPE 10** *10 relevés (9%)*
Richesse spécifique	17.17	19.6	22.36	11.88	25.6

Par alliance (Tableau 3.1.25), les alliances du *Molinion* et du *Calthion* sont les plus riches en espèces, avec plus de 30 espèces en moyenne.
L'alliance du *Filipendulion* contient moins de diversité végétale, avec en moyenne 19 espèces, tout comme le *Magnocaricion*, avec en moyenne 9 espèces. C'est d'ailleurs dans cette dernière alliance qu'est trouvée la plus petite richesse spécifique.
Dans l'alliance du *Calthion*, le Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpinoarticulatus* est le plus riche de tous, avec 46 espèces, suivi par l'association du *Cirsio-Juncetum* avec 37 espèces en moyenne.
Les alliances de bas-marais, comme le *Caricion davallianae* et le *Caricion fuscae,* contiennent en moyenne 23 espèces.
L'alliance appartenant aux marais de transition, le *Rhynchosporio*n, contient une très faible diversité avec 7 espèces. L'alliance des ourlets forestiers, l'*Alliarion,* contient en moyenne 15 espèces.

Synthèse

L'alliance du *Filipendulion* est l'alliance la plus fréquente sur l'ensemble des sites étudiés (Figure 3.1.7). Elle est présente dans les trois sites et notamment à La Burtignière (Figure 3.1.8). Elle est par ailleurs répartie dans les groupes 3, 5, 7, 8 et 9 (Figures 3.1.9 et 3.1.10), et contient en moyenne 19 espèces (Tableau 3.1.25). Suit ensuite l'alliance du *Molinion*, répartie dans les groupes 1 et 2 (Figures 3.1.9 et 3.1.10), qui est présente à Chapelle-des-Bois ainsi qu'au Sentier (Figures 3.1.7 et 3.1.8). Cette alliance est par ailleurs, avec l'alliance du *Calthion*, la plus riche en espèces.

18% des relevés appartiennent à l'alliance du *Caricion davallianae*, et sont trouvés dans les groupes 2, 4 et 8 du groupement (Figures 3.1.7, 3.1.9 et 3.1.10). Cette alliance, contenant en moyenne 23 espèces, est répartie dans les trois sites, mais de façon plus abondante au Sentier (Figure 3.1.8). Les alliances du *Calthion* et du *Caricion fuscae* rassemblent 12% des relevés (Figure 3.1.7). Les relevés du *Caricion fuscae*, contenant en moyenne une vingtaine d'espèces, sont uniquement présents à La Burtignière et sont répartis dans les groupes 2, 5, 8 et 10 (Figures 3.1.8, 3.1.9 et 3.1.10 ; Tableau 3.1.25). L'alliance du *Calthion* est quant à elle présente au Sentier ainsi qu'à La Burtignière, et est trouvée dans les groupes 3, 5, 7, 8, 9 et 10 (Figures 3.1.8, 3.1.9 et 3.1.10 ; Tableau 3.1.25).
L'unique relevé appartenant à l'alliance du *Rhynchosporion*, situé dans le groupe 8 (Figures 3.1.8, 3.1.9 et 3.1.10 ; Tableau 3.1.25), est présent à Chapelle-des-Bois dans la tourbière des Grands Pins. Les relevés appartenant aux alliances du *Magnocaricion* (groupe 8 et 9 ; Figures 3.1.9 et 3.1.10) et de l'*Alliarion* (groupe 5 ; Figures 3.1.9 et 3.1.10) sont uniquement présents respectivement à La Burtignière et au Sentier (Figure 3.1.8). Ces deux alliances contiennent assez peu d'espèces, avec respectivement 9 et 14 espèces en moyenne (Tableau 3.1.25).

Tableau 3.1.25 : Nombre moyen d'espèces pour chaque alliance végétale, association, sous-association et variante.

	nombre relevés	nombre espèces moyen	écart-type
MOLINION	**23**	**30.44**	**7.79**
Trollio-Molinietum	**23**	**30.44**	**7.79**
Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis	16	32.00	7.61
Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis, variante à *Carex hostiana*	11	35.09	6.07
Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis, variante à *Carex hostiana,* forme à *Bartsia alpina*	5	31.20	5.26
Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis, variante à *Carex hostiana,* forme à *Cynosurus cristatus*	6	38.33	4.88
Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis, variante à *Cirsium acaule*	5	25.20	6.38
Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis, variante à *Cirsium acaule,* forme à *Hypochaeris macculata*	5	25.20	6.38
Trollio-Molinietum silaetosum	7	26.86	7.54
Trollio-Molinietum silaetosum, variante à *Sesleria caerulea*	7	26.86	7.54
FILIPENDULION	**39**	**19.23**	**11.07**
Aconito-Chaerophylletum	**4**	**21.50**	**1.91**
Aconito-Filipenduletum	**35**	**18.97**	**11.66**
Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae	8	13.50	6.44
Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae, variante à *Phragmites australis*	2	11.50	4.95
Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae, variante typique	6	14.17	7.14
Aconito-Filipenduletum polemonietosum	1	34	-
Aconito-Filipenduletum succisetosum	10	29.40	12.07
Aconito-Filipenduletum succisetosum, variante à *Juncus inflexus*	7	31.57	13.41
Aconito-Filipenduletum succisetosum, variante à *Swertia perennis*	3	24.33	7.77
Aconito-Filipenduletum typicum	16	14.25	8.61
Aconito-Filipenduletum typicum, variante à *Calamagrostis canescens*	11	10.64	5.48
Aconito-Filipenduletum typicum, variante à *Trollius europaeus*	5	22.20	9.36
CALTHION	**14**	**31.64**	**7.46**
Cirsio-Juncetum effusi	**3**	**37**	**4.58**
Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae	3	37.00	4.58
Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae, variante à *Blysmus compressus*	3	37.00	4.58
Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpinoarticulatus*	**1**	**46**	**-**
Trollio-Cirsietum	**10**	**28.60**	**5.74**
Trollio-Cirsietum colchicetosum	4	27.50	3.11
Trollio-Cirsietum colchicetosum, variante à *Veratrum album*	4	27.50	3.11
Groupement à *Juncus inflexus*	2	35.50	2.12
Trollio-Cirsietum potentilletosum	4	26.25	6.85
Trollio-Cirsietum potentilletosum, variante à *Carex davalliana*	1	36	-
Trollio-Cirsietum potentilletosum, variante à *Viola palustris*	3	23.00	2.65
MAGNOCARICION	**3**	**9.00**	**6.56**
Caricetum gracilis	**1**	**3**	**-**
Caricetum gracilis, variante à *Carex acutiformis*	1	3	-
Caricetum rostratae	**3**	**12.00**	**5.66**
ALLIARION	2	14.50	0.71
Groupement à *Galeopsis tetrahit* et à graminées	2	14.50	0.71
RHYNCHOSPORION	1	7	-
Rhynchosporetum albae	1	7	-
CARICION FUSCAE	14	23.21	9.82
Caricetum fuscae	14	23.21	9.82
Caricetum fuscae comaretosum	2	34.50	0.71
Caricetum fuscae comaretosum, variante à *Carex diandra*	2	34.50	0.71
Caricetum fuscae trichophoretosum	12	21.33	9.33
Caricetum fuscae trichophoretosum, variante à *Calluna vulgaris*	6	17.17	9.15
Caricetum fuscae trichophoretosum, variante à *Calluna vulgaris,* forme humide à *Vaccinium oxycoccus*	4	12.50	2.08
Caricetum fuscae trichophoretosum, variante à *Calluna vulgaris,* forme sèche	2	26.50	12.02
Caricetum fuscae trichophoretosum, variante à *Festuca commutata (rubra)*	6	26.50	8.12
CARICION DAVALLIANAE	**21**	**22.91**	**9.48**
Caricetum davallianae	**4**	**33.00**	**9.87**
Caricetum davallianae caricetosum flaccae	1	44	-
Caricetum davallianae caricetosum flaccae, variante à *Swertia perennis*	1	44	-
Caricetum davallianae typicum	3	29.33	8.08
Caricetum davallianae typicum, variante à *Trichophorum cespitosum*	2	30.00	11.31
Caricetum davallianae typicum, variante à *Trichophorum cespitosum,* forme à *Eriophorum vaginatum*	1	22	-
Caricetum davallianae typicum, variante à *Trichophorum cespitosum,* forme à *Menyanthes trifoliata*	1	38	-
Caricetum davallianae typicum, variante typique	1	28	-
Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*	**6**	**24.50**	**7.12**
Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartsia alpina*	**2**	**16.50**	**3.54**
Primulo-Schoenetum	**9**	**18.78**	**8.51**
Primulo-Schoenetum equisetosum variegati	1	25	-
Primulo-Schoenetum typicum	8	18.00	8.75
Primulo-Schoenetum typicum, variante à *Carex flacca*	7	18.86	9.08
Primulo-Schoenetum typicum, variante typique	1	12	-

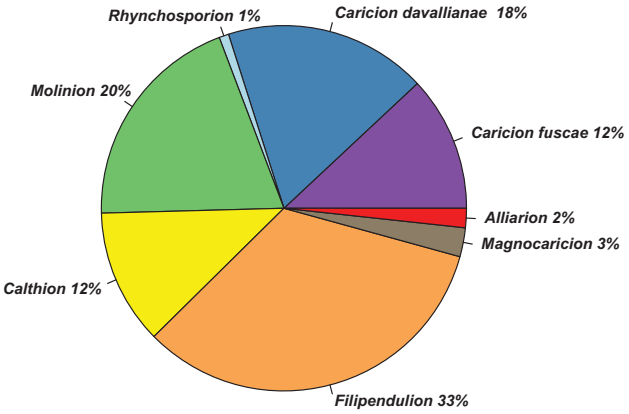


Figure 3.1.7 : Proportions des différentes alliances trouvées dans l'ensemble des trois sites étudiés du Haut-Jura.

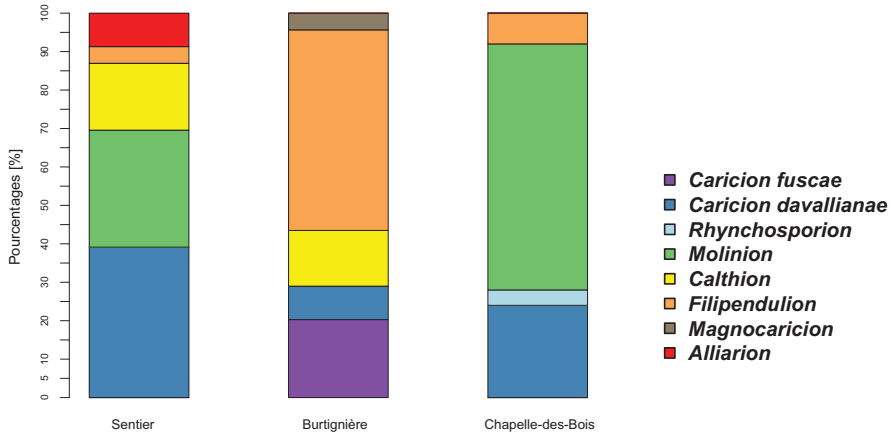


Figure 3.1.8 : Proportions des différentes alliances trouvées dans chacun des trois sites étudiés.

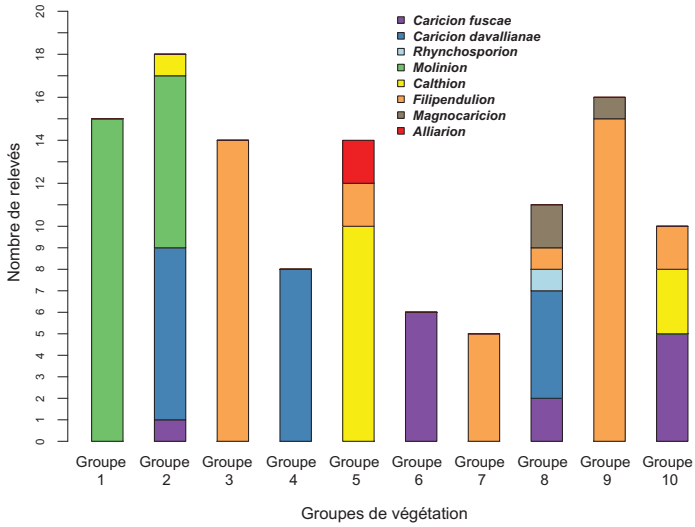
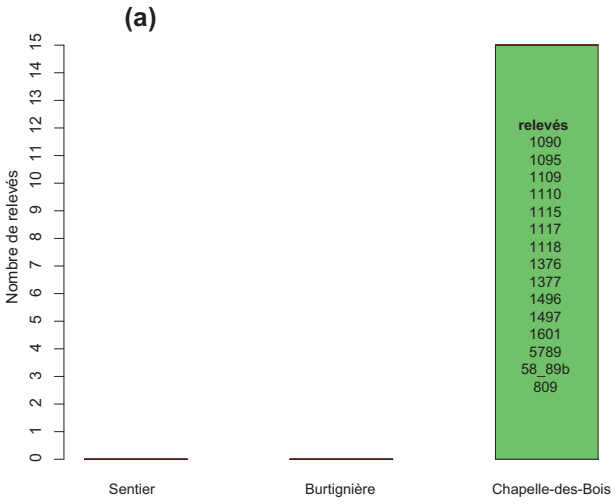
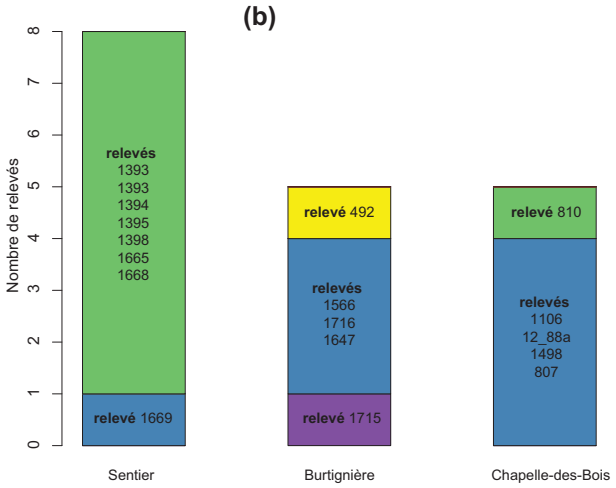
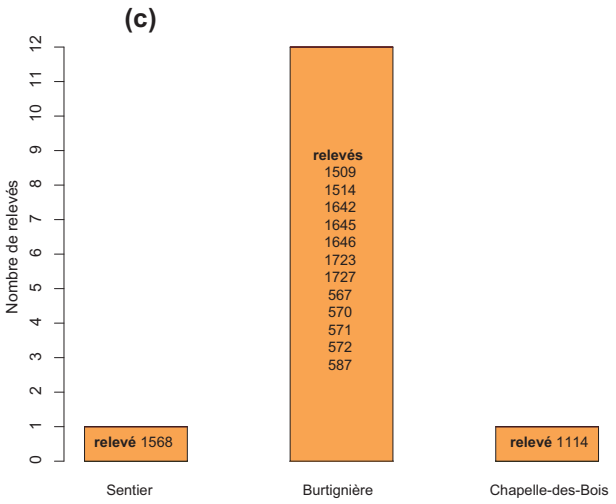
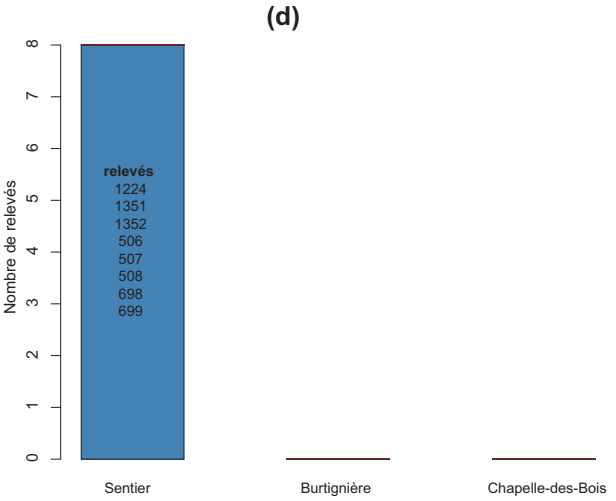


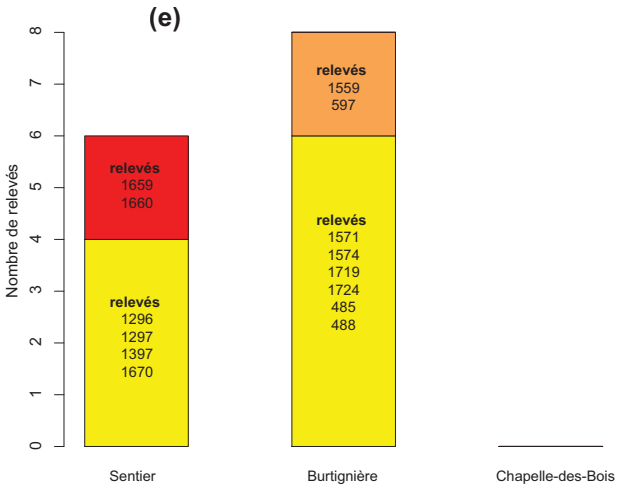
Figure 3.1.9 : Nombre de relevés de chaque alliance présents dans chaque groupe et pour l'ensemble des sites étudiés.


(a)
Nombre de relevés
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
relevés
1090
1095
1109
1110
1115
1117
1118
1376
1377
1496
1497
1601
5789
58_89b
809
Sentier
Burtignière
Chapelle-des-Bois


(b)
Nombre de relevés
0 1 2 3 4 5 6 7 8
relevés
1393
1393
1394
1395
1398
1665
1668
relevé 1669
relevé 492
relevés
1566
1716
1647
relevé 1715
relevé 810
relevés
1106
12_88a
1498
807
Sentier
Burtignière
Chapelle-des-Bois


(c)
Nombre de relevés
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12
relevé 1568
relevés
1509
1514
1642
1645
1646
1723
1727
567
570
571
572
587
relevé 1114
Sentier
Burtignière
Chapelle-des-Bois


(d)
Nombre de relevés
0 1 2 3 4 5 6 7 8
relevés
1224
1351
1352
506
507
508
698
699
Sentier
Burtignière
Chapelle-des-Bois


(e)
Nombre de relevés
0 1 2 3 4 5 6 7 8
relevés
1659
1660
relevés
1296
1297
1397
1670
relevés
1559
597
relevés
1571
1574
1719
1724
485
488
Sentier
Burtignière
Chapelle-des-Bois

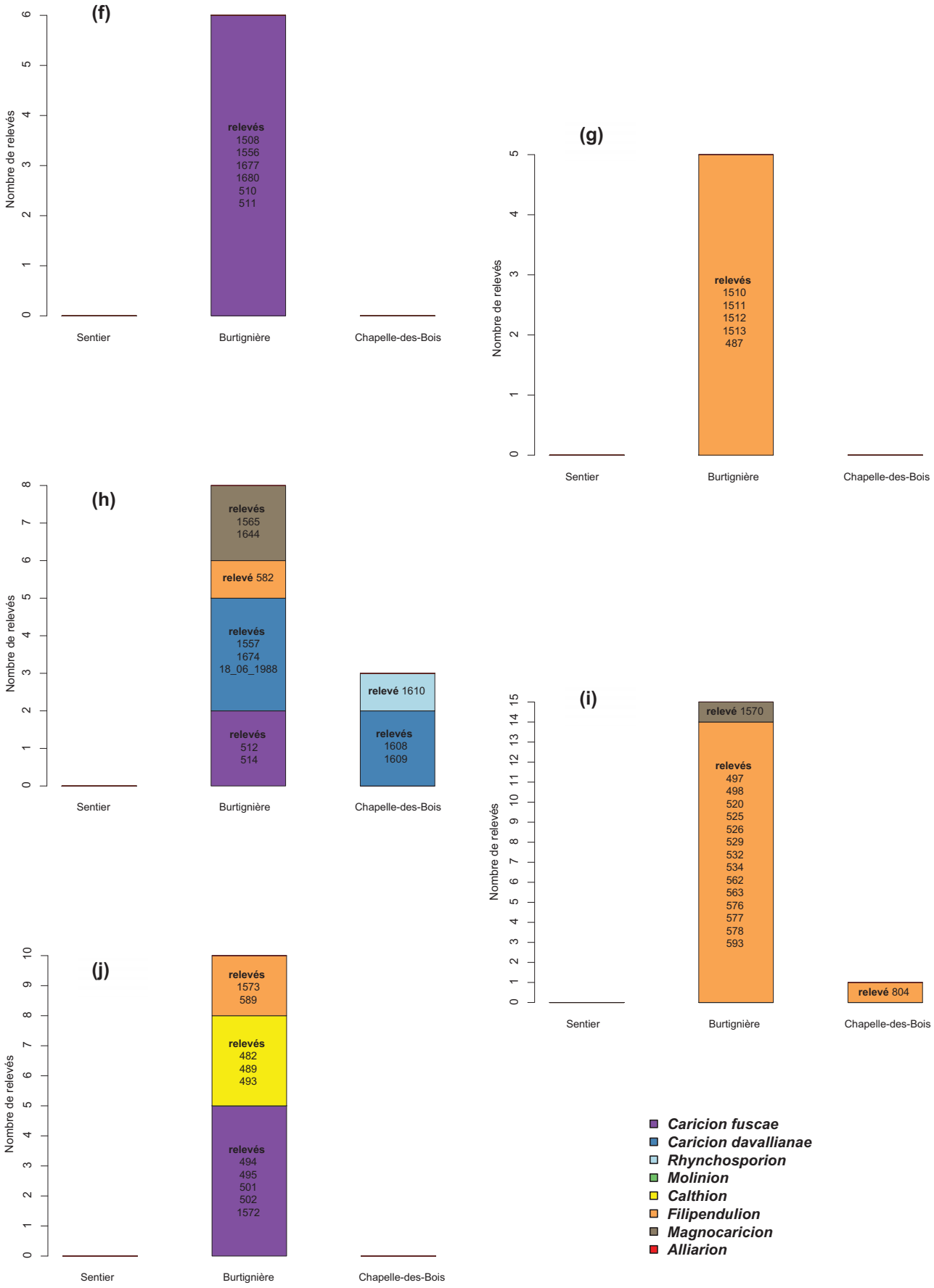


Figure 3.1.10 : Nombre de relevés présents dans chaque groupe et pour chaque site (a) groupe 1 ; (b) groupe 2 ; (c) groupe 3 ; (d) groupe 4 ; (e) groupe 5 ; (f) groupe 6 ; (g) groupe 7 ; (h) groupe 8 ; (i) groupe 9 ; (j) groupe 10. Les couleurs représentent les différentes alliances.

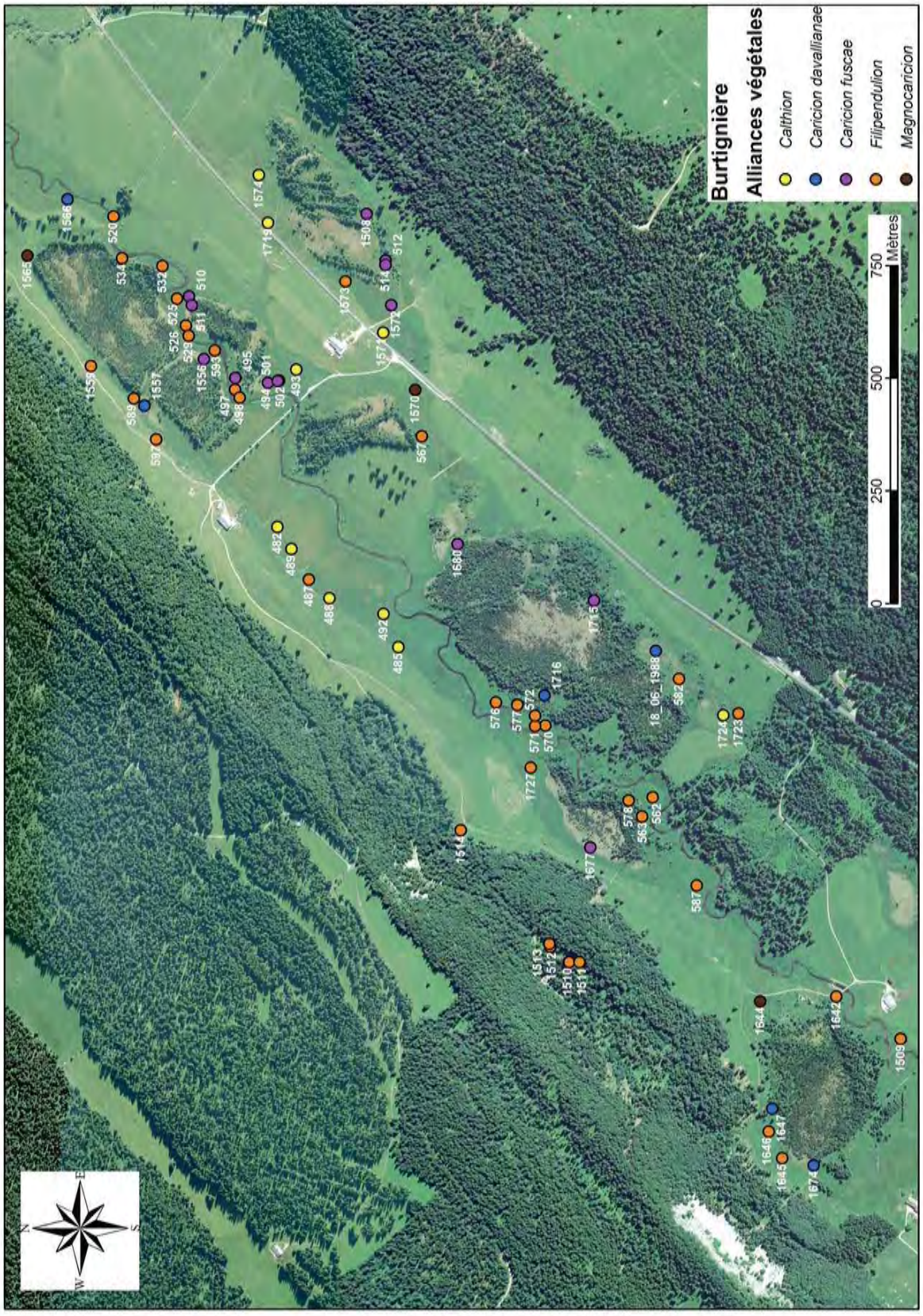


Figure 3.1.11 : Emplacement des relevés et répartition des alliances sur le site de La Burtignière, à la Vallée de Joux (VD, Suisse). Orthophoto de 2008-2009 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).

Figure 3.1.12 : Emplacement des relevés et répartition des alliances sur le site de du Sentier, à la Vallée de Joux (VD, Suisse). Orthophoto de 2008 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).

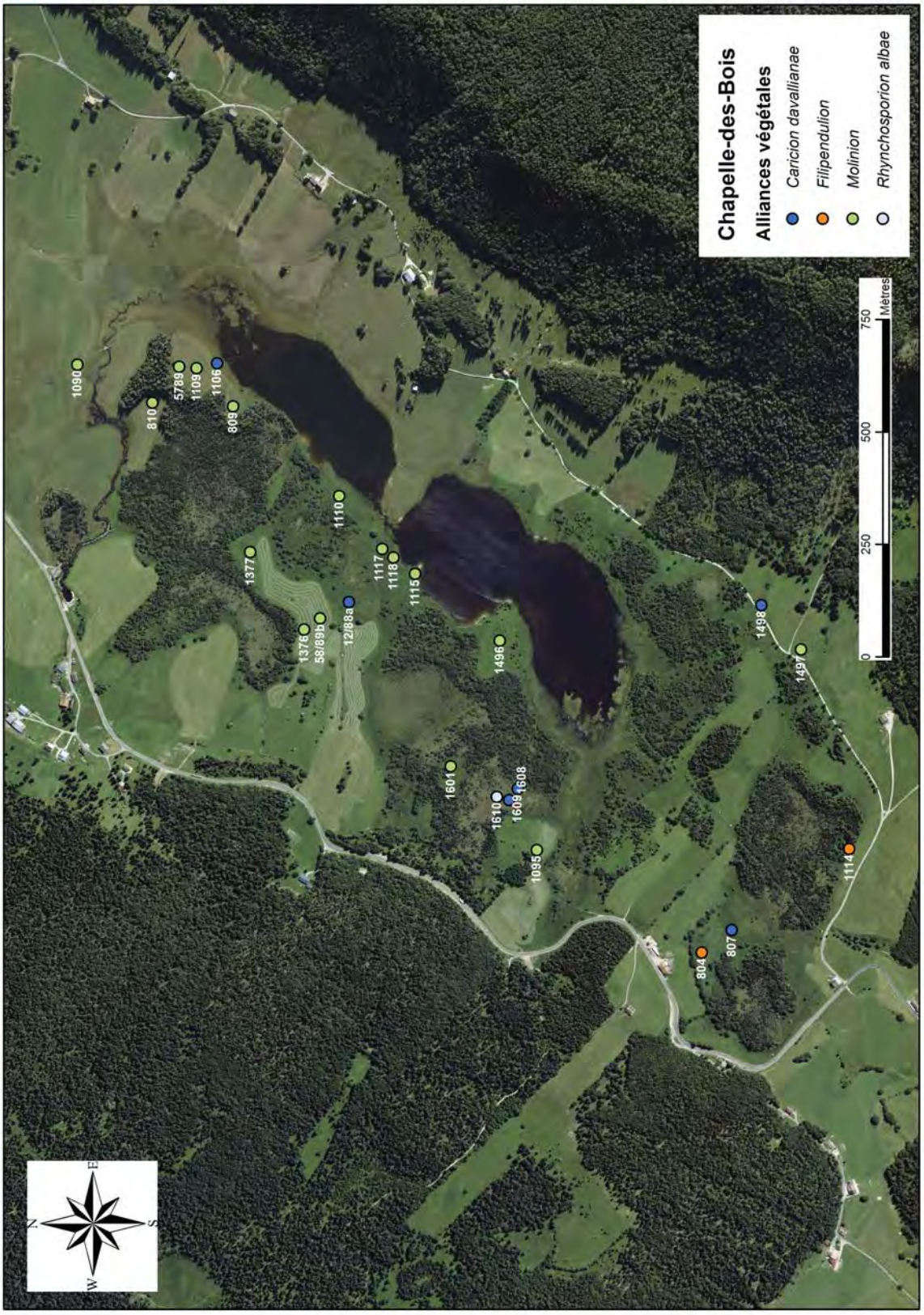


Figure 3.1.13 : Emplacement des relevés et répartition des alliances sur le site de Chapelle-des-Bois (départements du Doubs et du Jura, France). Orthophoto BD ORTHO® 50 cm de résolution de 2010, ©IGN France 2014.

3.1.4 Discussion

Sur l'ensemble des sites étudiés, on retrouve huit alliances différentes, comprenant des marais de transition (*Rhynchosporion*), des bas-marais (*Caricion davallianae* et *Caricion fuscae*), des prairies humides (*Calthion*, *Filipendulion* et *Molinion*) ainsi que des marais à grandes laîches (*Magnocaricion*), et des ourlets forestiers nitratophiles comme l'*Alliarion* (Figure 3.1.7).

Ces alliances ont des caractéristiques écologiques et dynamiques différentes, avec notamment des gradients de nutriments et de lumière, et se situent dans des zones différentes. Ci-dessous suit la présentation et la description de chaque alliance et de chaque association et/ou sous-association, en mettant en évidence tout ce qui permet de les distinguer, comme les **espèces caractéristiques** (en gras et souligné, provenant des descriptions de l'auteur), les espèces différentielles (avec astérisque *, provenant des auteurs concernés ainsi que des résultats précédents) ainsi que les lieux où elles se trouvent. Des indications sur la dynamique de chaque milieu sont données sur la base de la littérature, ainsi que grâce à la présence de quelques espèces détectées sur le terrain. En Annexe B.7, figure un tableau résumant tous ces relevés, avec les informations sur leurs coordonnées et position, ainsi que leurs différents noms phytosociologiques, de la classe à la variante selon le synsystème de GALLANDAT (1982).

Molinion caerulea W. KOCH 1926

L'alliance du *Molinion*, qui appartient à la classe des *Molinio-Arrhenatheretea* (prés, prairies et pâturages) et à l'ordre des *Molinietalia* (prés humides), contient des prairies maigres, basophiles, ouvertes et non fertilisées, à humidité variable et contenant une très grande biodiversité animale et végétale. Ce type de végétation doit être fauché et la litière évacuée afin de permettre aux diverses espèces et au milieu de subsister. En effet, l'abandon de la fauche, tout comme l'intensification des pratiques agricoles, provoque la transformation de ce milieu en mégaphorbiaie et parfois en forêt si des espèces ligneuses s'installent (DELARZE & GONSETH, 2008).

Dans cette étude, répartie sur deux sites (Le Sentier et Chapelle-des-Bois ; Figures 3.1.8, 3.1.12 et 3.1.13 ; Tableau 3.1.26), cette alliance englobe 20% des relevés (Figure 3.1.7). Chacun de ces deux sites possède une sous-association particulière décrite par GALLANDAT (1982), et appartenant à l'association du ***Trollio-Molinietum*** (Tableau 3.1.26) :

- *Trollio europaei-Molinietum caeruleae* GUINOCHET 1955 *caricetosum sempervirentis* GALLANDAT 1982 (Chapelle-des-Bois, 16 relevés) ;
- *Trollio europaei-Molinietum caeruleae* GUINOCHET 1955 *silaetosum* GALLANDAT 1982 (Sentier, 7 relevés).

L'association du *Trollio-Molinietum*, caractérisée par les espèces ***Trollius europaeus*** et ***Molinia caerulea***, est une association présente à l'étage montagnard du Jura suisse et français (GALLANDAT, 1982 ; FERREZ *et al.*, 2011). Elle a été décrite par GUINOCHET & LEMÉE (1950), puis ensuite par (DE FOUCAULT, 1978) et GALLANDAT (1982). Elle semble occuper de grands espaces dans le Jura franco-suisse, particulièrement dans le Haut-Jura et le Haut-Doubs (FERREZ, 2004a). Elle a par ailleurs été signalée dans quelques autres endroits de Suisse (au Tessin ainsi que près d'Einsiedeln ; GALLANDAT et GOBAT, comm. pers.).
Cette association est un refuge pour de nombreuses espèces rares ou typiques, comme *Dianthus superbus, Anemone narcissifolia* ou *Cirsium tuberosum* (FERREZ, 2011). Elle se situe sur des buttes morainiques ou dans de faibles pentes, conditions qui permettent un battement de nappe d'eau en fonction des saisons et des précipitations (FERREZ, 2011). Le sol peut donc s'assécher en été et se gorger d'eau en hiver, d'où le caractère à humidité variable de ce type de végétation (FERREZ, 2011).
Ce milieu est généralement fauché, mais non pâturé. Très sensible, une intensification (drainage ou eutrophisation) ou un abandon des pratiques agricoles mènent à sa dégradation, avec notamment la progression de *Molinia caerulea* et de ses touradons, et l'apparition d'espèces de mégaphorbiaie comme *Filipendula ulmaria* et *Angelica sylvestris* (FERREZ, 2011).

Tableau 3.1.26 : Syntaxons appartenant à l'alliance du* Molinion *et présents sur le site d'étude. Détails avec le type de végétation (association en gras, sous-association et variante en dessous), les numéros et le lieu des relevés ainsi que le groupe auquel appartiennent les relevés.

LIEU	VÉGÉTATION	N° RELEVÉ	GROUPE
Chapelle-des-Bois	***Trollio-Molinietum*** *Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Cynosurus cristatus*	1090, 1095, 1109, 1376, 1497, 58/89b	1
	Trollio-Molinietum *Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Bartsia alpina*	1496, 1601, 5789, 809	1
		810	2
	Trollio-Molinietum *Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Cirsium acaule,* forme à *Hypochaeris maculata*	1110, 1115, 1117, 1118, 1377	1
Le Sentier	***Trollio-Molinietum*** *Trollio-Molinietum silaetosum,* variante à *Sesleria caerulea*	1392, 1393, 1394, 1395, 1398, 1665, 1668	2

Trollio-Molinietum GUINOCHET 1955 caricetosum sempervirentis GALLANDAT 1982

Cette sous-association, ouverte, est caractérisée par des conditions oligotrophes et plutôt basiques. De plus, elle

est très riche en espèces et est typique de Chapelle-des-Bois (Tableau 3.1.26 ; Figure 3.1.13). Ce site, localisé dans une combe à l'étage montagnard, possède un microclimat assez rude, avec notamment des écarts de température entre l'été et l'hiver assez importants, ainsi que beaucoup de précipitations et d'enneigement en hiver (GALLANDAT, 1982). Ces conditions permettent le développement de nombreuses plantes subalpines de la sous-association du *Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*, comme *Carex sempervirens**, *Serratula tinctoria* s.str.**, Antennaria dioica**, *Anemone narcissifolia** et *Bartsia alpina* (GALLANDAT, 1982 ; BAILLY *et al.*, 2007 ; Figure 3.1.14). Par ailleurs, elle abrite également quelques espèces rares ou protégées dans le Jura suisse ou français, comme*, Hypochaeris maculata* ou *Cirsium tuberosum* (MONTMOLLIN, 2000 ; MOSER *et al.*, 2002 ; FERREZ, 2005 ; Figure 3.1.14).

Cette sous-association se situe dans des zones à faibles pentes, sur de petites buttes morainiques, plus précisément en bordure des lacs (Bellefontaine et Les Mortes) ou d'autres prairies situées plus en pente et moins sujettes à l'engorgement (Figure 3.1.13). Ces conditions favorisent l'assèchement du sol en été, donnant le caractère d'humidité variable du *Trollio-Molinietum* (FERREZ, 2011).

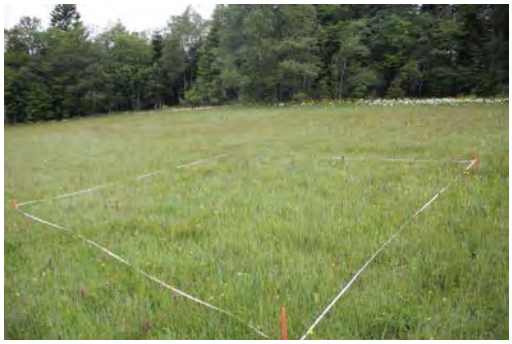


Figure 3.1.14 : **Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis *présent à Chapelle-des-Bois.***

En plus des espèces précédemment citées, on trouve un cortège d'espèces allant des prairies sèches aux bas-marais, caractérisant bien l'humidité variable de ce type de *Molinion* :

- *Vicia cracca* s.str.*, Ranunculus acris friesianus, Lotus corniculatus, Lathyrus pratensis, Festuca rubra* aggr.*, Colchicum autumnale, Trifolium pratense* s.str.*, Carum carvi, Cynosurus cristatus* et *Centaurea jacea* s.str. (classe des ***Molinio-Arrhenatheretea***) ;
- *Valeriana dioica, Cirsium rivulare, Sanguisorba officinalis, Succisa pratensis* et *Briza media* (ordre des ***Molinietalia***) ;
- *Galium boreale, Gentiana lutea*, *Anthyllis vulneraria* subsp. *alpestris*, *Centaurea montana* et *Carex montana* (alliance du ***Molinion***) ;
- *Trifolium montanum* et *Hippocrepis comosa* (classe des ***Festuco-Brometea***) ;
- *Carex panicea, Carex hostiana, Carex davalliana, Swertia perennis* et *Primula farinosa* (ordre des ***Tofieldietalia***) ;
- des espèces mésophiles et xérophiles comme *Thymus pulegioides* s.str. et *Campanula rotundifolia.*

A l'intérieur de cette sous-association, deux variantes, ainsi que deux formes à l'intérieur de chaque variante, ont été décrites par GALLANDAT (1982). Elles diffèrent selon la présence et l'abondance des espèces.

- une variante plus sèche à *Cirsium acaule* est située en bordure des lacs des Mortes et de Bellefontaine, dans des zones non fauchées. Elle est notamment composée de *Cirsium acaule*, C*repis mollis, Euphorbia verrucosa, Centaurea montana, Astrantia major* et *Holcus lanatus*. Cette variante peut avoir deux formes, une forme à *Sesleria caerulea* et une forme à *Hypochaeris maculata* (Figure 3.1.15) ;

Figure 3.1.15 : Variante à* Cirsium acaule *du* Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis *présente à Chapelle-des-Bois.

- une variante plus humide à *Carex hostiana* se situant dans des zones de contact avec le *Caricion davallianae* (Figure 3.1.13). Elle est composée entre autres des espèces suivantes : *Carex hostiana, Dactylorhiza fistulosa* et *Swertia perennis*. Cette variante peut avoir deux formes, une composée de *Cynosurus cristatus* et une autre à *Bartsia alpina* (Figure 3.1.16).

Figure 3.1.16 : Variante plus humide à* Carex hostiana *du* Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis *présente à Chapelle-des-Bois.

La fauche maintenue sur le site de Chapelle-des-Bois, qui est géré dans le cadre d'une agriculture biologique et extensive sans amendement, permet à ce type de

végétation de persister et de contenir la progression de la molinie, ceci notamment grâce à l'évacuation de la litière une à deux fois par année. Ainsi à Chapelle-des-Bois, même si cette sous-association semble stable dynamiquement encore aujourd'hui, quelques zones ne sont plus fauchées toutes les années, et notamment dans la zone du relevé 810 (Figure 3.1.13). La grande abondance de *Bromus erectus* s.str. et d'autres espèces plus méso- voire xérophiles ou plus nitratophiles appartenant à la classe des *Molinio-Arrhenatheretea* et à l'ordre des *Molinietalia* peut indiquer un changement de dynamique. A long terme, si les pratiques agricoles mises en place sont abandonnées ou modifiées (notamment arrêt de la fauche), cette sous-association évoluera probablement vers un milieu plus eutrophe du genre *Filipendulion* ou *Calthion* (selon le degré d'apport en nutriments ; GALLANDAT, 1982). Par ailleurs, si la zone devient plus sèche et ne comporte plus de périodes humides, elle se rapprochera d'un *Mesobromion* ou d'une autre prairie de fauche.

Trollio-Molinietum GUINOCHET 1955 silaetosum GALLANDAT 1982, variante à Sesleria caerulea

Cette sous-association et variante, caractérisée par des conditions basiques et oligotrophes, se différencie de l'autre sous-association au niveau des espèces par la présence de *Silaum silaus** et *Selinum carvifolia**. Elle est typique du site du Sentier à la Vallée de Joux (Figure 3.1.12 ; Tableau 3.1.26). Elle est plus précisément située au bord du lac de Joux, en contact avec le *Caricion davallianae* (association du *Primulo-Schoenetum*), sur de petites buttes composées de craie lacustre ou de moraine, dans des zones non fauchées et non pâturées (Figure 3.1.12). La molinie (*Molinia caerulea*) est très présente et donne à cette association un aspect de touradons (Figure 3.1.17), pouvant laisser entrevoir une expansion de la molinie à cause de l'abandon de la fauche (FERREZ, 2011). Ces touradons sont par ailleurs entrecoupés ici et là par diverses espèces de prairies humides et bas-marais ainsi que de prairies plus sèches, ou d'ourlets forestiers :

- *Vicia cracca* s.str., *Festuca rubra* aggr., *Centaurea jacea* s.str., *Colchicum autumnale*, *Lotus corniculatus*, *Lathyrus pratensis* et *Dactylis glomerata* (classe des ***Molinio-Arrhenatheretea***) ;
- *Dactylis glomerata*, *Veronica chamaedrys* et *Trifolium repens* s.str. (alliances du ***Cynosurion*** et de l'***Arrhenatherion***) ;
- *Sanguisorba officinalis*, *Briza media*, *Filipendula ulmaria*, *Deschampsia cespitosa*, *Galium uliginosum*, *Valeriana dioica*, *Cirsium rivulare, Cirsium palustre* et *Angelica sylvestris* (ordre des ***Molinietalia***) ;
- *Galium boreale*, *Salix repens*, *Succisa pratensis*, *Dianthus superbus, Carex umbrosa* et *Stachys officinalis* s.str. (alliance du ***Molinion***) ;
- *Sesleria caerulea*, *Genista tinctoria*, *Carex caryophyllea* et *Euphorbia verrucosa* (**variante à *Sesleria caerulea***) ;
- *Festuca ovina* aggr., *Scabiosa lucida*, *Koeleria pyramidata*, *Cirsium acaule*, *Galium pumilum*, *Carex caryophyllea* et *Bromus erectus* s.str. (classe des ***Festuco-Brometea***) ;
- *Carex panicea, Carex hostiana, Primula farinosa, Swertia perennis* et *Parnassia palustris* (ordre des ***Tofieldietalia***) ;
- *Phragmites australis* (classe des ***Phragmitetea***) ;
- espèces forestières comme *Viola hirta*, *Phyteuma spicatum* et *Galium mollugo* s.str. ;
- espèces ligneuses, comme *Picea abies*, *Salix repens* et *Betula pubescens.*

Figure 3.1.17 :* Trollio-Molinietum silaetosum*, variante à* Sesleria caerulea *présent au Sentier.

Cette sous-association abrite également quelques espèces rares comme *Iris sibiria* et *Dianthus superbus* (MONTMOLLIN, 2000 ; MOSER *et al.*, 2002).

Au niveau dynamique, selon GALLANDAT (1982), cette végétation semble provenir de l'assèchement du *Caricion davallianae* (*Primulo-Schoenetum)*. Actuellement, la principale menace de ce milieu provient de la présence de plus en plus importante de *Salix repens* (relevés 1392, 1394, 1395, 1398, 1665 et 1668), de *Betula pubescens* (relevés 1394 et 1395), ainsi que des plantations d'épicéas (*Picea abies*) faites dans les années 70, notamment dans la zone des Vieux Cheseaux et Chez le Poisson (Annexe A.3). En effet, cette végétation tend à se fermer, notamment le relevé 1392, qui est couvert de *Salix repens* et qui est plus fermé que les autres relevés de la sous-association. Ainsi, en plus de la progression de la molinie et de ses touradons, des espèces forestières sont présentes, comme c'est le cas pour deux relevés situés dans une zone de plantation des épicéas (relevés 1398 et 1395).

Par ailleurs, en plus des espèces ligneuses, cette sous-association du Sentier contient passablement de *Phragmites australis*, un signe probable de l'abandon de la fauche et/ou de l'eutrophisation dans cette zone. Comme démontré par GÜSEWELL *et al.* (2000), cette espèce peut représenter un danger pour ces prairies humides, notamment en remplaçant la flore typique. Il est

donc important de surveiller l'abondance de cette espèce dans les années à venir.
De nouvelles mesures de gestion pour le site du Sentier seraient à envisager à la Tête du Lac ainsi qu'aux Vieux Cheseaux, avec par exemple des sessions de fauche avec évacuation de litière, couplées à un débroussaillage à la main de tous les petits ligneux poussant dans le marais ainsi que localement de quelques arbres. Ces mesures permettront de ralentir la colonisation forestière du milieu, notamment par le bouleau et les épicéas.

Filipendulion ulmariae SEG. 1966

L'alliance du *Filipendulion*, appartenant comme le *Molinion* à la classe des *Molinio-Arrhenatheretea* et à l'ordre des *Molinietalia,* regroupe les prairies humides composées de hautes herbes nitratophiles (mégaphorbiaie humide montagnarde ; FERREZ, 2004a) avec notamment la reine des prés (*Filipendula ulmaria*).

Elle est caractérisée par une richesse importante en nutriments et en humus dans le sol. Par contre, du fait de la grande taille et de la grande densité du feuillage, peu de lumière arrive au sol, empêchant la croissance et le développement d'une state herbacée basse comportant des graminées (DELARZE & GONSETH, 2008 ; Figure 3.1.18). De plus, cette alliance est caractérisée par des conditions plutôt humides et neutro-alcalines.

Répartie sur l'ensemble des sites étudiés, et particulièrement abondante sur celui de La Burtignière, cette alliance hygrophile regroupe 33% des relevés (Figures 3.1.7, 3.1.8, 3.1.11 et 3.1.18 ; Tableau 3.1.27). Deux associations sont présentes (Tableau 3.1.27). Elles ont été décrites pour la première fois par GALLANDAT (1982) :

- *Aconito pyramidalis (ou napelli)-Filipenduletum ulmariae* GALLANDAT 1982 (La Burtignière, 32 relevés ; Chapelle-des-Bois, 2 relevés ; Sentier, 1 relevé) ;
- *Aconito pyramidalis (ou napelli)-Chaerophylletum hirsuti* GALLANDAT 1982 (La Burtignière, 4 relevés).

Figure 3.1.18 :* Filipendulion *à La Burtignière.

Tableau 3.1.27* : *Syntaxons appartenant à l'alliance du* Filipendulion *et présents sur le site d'étude. Détails avec le type de végétation (association en gras, sous-association et variante en dessous), les numéros et le lieu des relevés ainsi que le groupe auquel appartiennent les relevés.

LIEU	VÉGÉTATION	N° RELEVÉ	GROUPE
Burtignière	***Aconito-Filipenduletum***	570, 1727	3
	Aconito-Filipenduletum typicum, variante à *Trollius europaeus*	563, 578	9
	Aconito-Filipenduletum *Aconito-Filipenduletum typicum,* variante à *Calamagrostis canescens*	497, 498, 520, 525, 526, 529, 532, 534, 562, 576, 593	9
	Aconito-Filipenduletum *Aconito-Filipenduletum polemonietosum,* variante à *Carex elata*	1642	3
	Aconito-Filipenduletum *Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae,* variante typique	567, 571, 572, 587, 1509	3
		577	9
	Aconito-Filipenduletum *Aconito-Filipenduletum succisetosum,* variante à *Juncus inflexus*	1514, 1646, 1723	3
		597, 1559	5
		487	7
		589	10
	Aconito-Filipenduletum *Aconito-Filipenduletum succisetosum,* variante à *Swertia perennis*	1645	3
		582	8
		1573	10
	Aconito-Chaerophylletum *Aconito-Chaerophylletum,* variante à *Cirsium oleraceum*	1510, 1511	7
	Aconito-Chaerophylletum *Aconito-Chaerophylletum,* variante typique	1512, 1513	7
Le Sentier	***Aconito-Filipenduletum*** *Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae,* variante à *Phragmites australis*	1568	3
Chapelle-des-Bois	***Aconito-Filipenduletum*** *Aconito-Filipenduletum typicum,* variante à *Trollius europaeus*	1114	3
	Aconito-Filipenduletum *Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae,* variante à *Phragmites australis*	804	9

La présence de cette alliance en bordure d'un milieu oligotrophe (bas-marais, haut-marais, prairie) est primordiale, car elle permet de capter les eaux de ruissellement riches en nutriments provenant de pâturage ou de prairie amendée, les empêchant par conséquent de pénétrer dans ces milieux fragiles (BOLLER-ELMER, 1977 ; DELARZE & GONSETH, 2008). L'alliance du *Filipendulion* n'a en général pas besoin d'être fauchée pour subsister, mais

est sensible à l'assèchement (DELARZE & GONSETH, 2008). Dans les sites étudiés, ce type de végétation n'est actuellement pas utilisé à des fins agricoles. Cependant, GALLANDAT (1982) a remarqué que quelques zones étaient fauchées à La Burtignière dans les années 70 lors de périodes assez sèches, notammment pour la litière.

Aconito-Filipenduletum GALLANDAT 1982

L'*Aconito-Filipenduletum* est présent sur le site de La Burtignière, en bordure de l'Orbe (Figure 3.1.11 ; Tableau 3.1.27), dans des prairies ou bas-marais où l'exploitation agricole a cessé (notamment dans les portions entourant les tourbières de La Burtignière ou du Carre), ainsi que dans des zones de transition (ou zones tampons) entre un haut-marais et un pâturage et amendé, ainsi que dans des pâturages en bordure de petits ruisseaux riches en nutriments les traversant (GALLANDAT, 1982 ; CHARLIER, 1996 ; Figure 3.1.11). A Chapelle-des-Bois, les relevés appartenant à cette association sont présents en bas de pente, en bordure de la tourbière des Grands Pins (Figure 3.1.13 ; Tableau 3.1.27). En dehors des sites étudiés, cette association est également trouvée en France au bord du Doubs et du Drugeon (GALLANDAT, 1982 ; GUYONNEAU & MADY, 2007), ainsi que dans les marais situés à proximité du lac de l'Entonnoir (GUYONNEAU *et al.*, 2008).

Cette association est caractérisée par trois espèces, ***Aconitum neomontanum***, ***Filipendula ulmaria*** et ***Valeriana officinalis***. Elle contient également d'autres espèces :

- *Vicia cracca* s.str., *Lathyrus pratensis*, *Dactylis glomerata*, *Poa trivialis* s.str., *Festuca rubra* aggr., *Alchemilla vulgaris* aggr., *Ranunculus acris* subsp. *friesianus, Festuca pratensis* s.str. et *Heracleum sphondylium* s.str. (classe des ***Molinio-Arrhenatheretea***) ;
- *Polygonum bistorta*, *Caltha palustis*, *Cirsium rivulare*, *Deschampsia cespitosa*, *Geum rivale, Sanguisorba officinalis, Veratrum album* s.l., *Angelica sylvestris, Galium uliginosum, Trollius europaeus* et *Valeriana dioica* (ordre des ***Molinietalia***) ;
- *Valeriana officinalis*, *Galium mollugo* s.str., *Cirsium oleraceum*, *Calamagrostis canescens* et *Polemomium caeruleum* (alliance du ***Filipendulion***) ;
- *Juncus effusus*, *Veronica chamaedrys*, *Myosotis scorpioides*, *Phleum pratense* s.str., *Silene flos-cuculi*, *Alopecurus pratensis*, *Poa pratenis* et *Carex hirta* (alliance du ***Calthion***) ;
- *Carex acutiformis*, *Phalaris arundinacea*, *Carex paniculata*, *Carex elata, Carex rostrata* et *Phragmites australis* (classe des ***Phragmitetea***) ;
- *Carex nigra*, *Agrostis canina*, *Carex flava*, *Epilobium palustre*, *Carex panicea, Eriophorum latifolium, Carex davalliana* et *Swertia perennis* (classe des ***Scheuchzerio-Caricetea fuscae***) ;
- *Cruciata laevipes*, *Epilobium hirsutum*, *Urtica dioica*, *Agropyron caninum*, *Anthriscus sylvestris*, *Chaerophyllum hirsutum*, *Galium aparine* et *Silene dioica* (ordre des ***Gallio-Alliarietalia***).

Selon le synsystème de GALLANDAT (1982), les relevés des sites étudiés peuvent être répartis en quatre sous-associations décrites également par GALLANDAT (1982) (Tableau 3.1.27 ; Figure 3.1.19) :

- *Aconitum-Filipenduletum* GALLANDAT 1982 *typicum* GALLANDAT 1982 ;
- *Aconitum-Filipenduletum* GALLANDAT 1982 *polemonietosum* GALLANDAT 1982 ;
- *Aconitum-Filipenduletum* GALLANDAT 1982 *succisetosum* GALLANDAT 1982 ;
- *Aconitum-Filipenduletum* GALLANDAT 1982 *caricetosum paniculatae* GALLANDAT 1982.

Aconito-Filipenduletum GALLANDAT 1982 *typicum* GALLANDAT 1982

Cette sous-association est présente de façon abondante tout au bord de l'Orbe dans la zone alluviale proche des tourbières de Praz-Rodet et de La Burtignière (Figure 3.1.11 ; Tableau 3.1.27). Elle ne contient que très peu d'espèces, et est notamment différenciée par les espèces *Trollius europaeus* *, *Galium mollugo* s.str.* et *Primula elatior* s.str. * (Figure 3.1.19).

Deux variantes décrites par GALLANDAT (1982) existent : la variante basique à *Calamagrostis canescens*, présente de façon abondante au bord de l'Orbe vers Praz-Rodet, qui se distingue de l'autre variante à *Trollius europaeus* par une faible diversité végétale ainsi que par la présence de deux espèces végétales rares figurant sur la Liste Rouge : *Calamagrostis canescens* * et *Hierochloe odorata* (MONTMOLLIN, 2000 ; MOSER *et al.*, 2002 ; Figures 3.1.11 et 3.1.19 ; Tableau 3.1.27). *Calamagrostis canescens* forme une végétation très homogène et dense, mélangée avec *Carex acuta* * et *Phalaris arundinacea* *, des espèces indicatrices d'une forte teneur du sol en humidité et en nutriments (GALLANDAT, 1982).

Au niveau dynamique, ce milieu, malgré la présence ici et là d'espèces ligneuses (par ex. le relevé 534, variante à *Calamagrostis canescens*, avec un unique bouleau arbustif), ne semble pas subir de menaces particulières et est stable. L'humidité régnant ici à ces altitudes semble donc assez importante pour limiter leur croissance. Cependant, on ne peut pas exclure que ces espèces ligneuses deviennent problématiques si leur abondance augmente en cas de conditions d'humidité changeantes.

Aconito-Filipenduletum GALLANDAT 1982 *polemonietosum* GALLANDAT 1982

Cette sous-association est représentée dans l'ensemble des sites étudiés par un unique relevé à La Burtignière en bordure de l'Orbe et de pâturage (Figure 3.1.11 ; Tableau 3.1.27). Cependant, selon GUYONNEAU & MADY (2007), cette sous-association est également trouvée naturellement en bordure de rivières ou de ruisseaux,

mais peut aussi remplacer la végétation de certaines prairies humides suite à l'abandon des pratiques agricoles ou encore à leur assèchement.

Plusieurs variantes décrites par GALLANDAT (1982) existent. Cependant, dans les sites étudiés, seule la variante à *Carex elata* est présente, certainement dans un ancien méandre de l'Orbe (Figure 3.1.11 ; Tableau 3.1.27), correspondant vraisemblablement à l'évolution d'un ancien marais à grandes laîches atterri (*Magnocaricion*).

Figure 3.1.19 : **Aconito-Filipenduletum.**
En haut à gauche **Aconito-Filipenduletum typicum, *variante à* Calamagrostis canescens**
à droite **Aconito-Filipenduletum succisetosum, *variante à* Swertia perennis**
En bas à gauche **Aconito-Filipenduletum polemonietosum, *variante à* Carex elata**
à droite **Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae, *variante typique***

Au niveau de la végétation, cette sous-association se distingue des autres de l'*Aconito-Filipenduletum* par la présence de *Polemonium caeruleum* *, une espèce assez rare, protégée en France, et avec le statut de potentiellement menacée dans le Jura suisse (MOSER *et al.*, 2002 ; FERREZ, 2005). En plus de *Carex elata*, elle contient également de grands touradons de *Carex paniculata* dont la présence reflète le caractère nitratophile de cette sous-association (Figure 3.1.19). Les nutriments proviennent probablement par ruissellement du pâturage à côté. Des graminées y sont également et abondamment présentes, comme *Phleum pratense* s.str. ou *Anthoxanthum odoratum*, montrant que cette sous-association est un peu moins hygrophile que la sous-association *Aconito-Filipenduletum typicum.*

Au niveau dynamique, selon la littérature, cette sous-association est principalement menacée par l'assèchement ainsi que par la colonisation forestière, mettant en danger *Polemonium caeruleum* qui s'y trouve (DELARZE & GONSETH, 2008). Sur le site d'étude, cette végétation semble stable sur le long terme, car elle ne présente actuellement aucune espèce ligneuse ni aucun signe d'assèchement. Il n'en va pas de même dans la Vallée du Drugeon, au bord lac de l'Entonnoir, où la sous-

association semble menacée par la saulaie (GUYONNEAU *et al.*, 2008).

Aconito-Filipenduletum GALLANDAT 1982 *succisetosum* GALLANDAT 1982

Cette sous-association, une des plus riches en espèces végétales et une des plus pauvres en nutriments du *Filipendulion*, est présente dans cette étude à La Burtignière uniquement, avec deux variantes : la variante à *Swertia perennis* et celle à *Juncus inflexus* (Tableau 3.1.27 ; Figures 3.1.11 et 3.1.19). Plus précisément, à La Burtignière, à Praz-Rodet et au Carre, ce groupement se situe majoritairement entre les pâturages et les bas-marais, ainsi que dans des zones pâturées (Figure 3.1.11 ; Tableau 3.1.27). La variante à *Swertia perennis* constitue notamment et de façon abondante la ceinture des bas-marais acidophiles entourant les hauts-marais (Figure 3.1.19). La variante à *Juncus inflexus* est quant à elle caractéristique des zones proches de ruisseaux et contenant des bas-marais basophiles pâturés (Figure 3.1.11 ; Tableau 3.1.27). En dehors des sites étudiés, cette sous-association est aussi présente à la Vallée du Drugeon (GUYONNEAU & MADY, 2007). GALLANDAT (1982) décrit également la variante à *Molinia caerulea*, non observée dans ce travail, mais qui est présente sur le site du Sentier ainsi qu'au Drugeon (GUYONNEAU & MADY, 2007), et qui abrite des espèces rares et figurant sur la Liste Rouge, comme *Iris Sibirica* (MOSER *et al.*, 2002).

De manière générale, la végétation de cette sous-association y est moins haute et moins dense que dans les autres sous-associations de l'*Aconito-Filipenduletum*, ce qui permet à des espèces de plus petite taille de se développer. En effet, cette sous-association correspond notamment à une transition avec les bas-marais et les prairies du *Molinion,* ce qui explique, en plus de *Filipendula ulmaria* et d'autres hautes herbes, la présence d'espèces de bas-marais (*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*) et de *Succisa pratensis *,* de *Festuca rubra* aggr.***, de *Potentilla erecta* * et d'*Agrostis stolonifera* * (GALLANDAT, 1982). La variante à *Swertia perennis* se distingue de la variante à *Juncus inflexus* par la présence de *Swertia perennis* * et de *Carex davalliana **, alors que la variante à *Juncus inflexus* est composée d'espèces typiques de milieux pâturés comme *Juncus inflexus* * et *Carex hirta *.*

Au niveau dynamique, cette sous-association peut être issue de la dégradation de bas-marais acidophiles ou basophiles, ce qui concorde avec le fait que cette sous-association peut être considérée comme transition entre les bas-marais et les prairies plus eutrophes. Dans le futur, cette sous-association peut avoir plusieurs destins : par exemple, elle peut soit devenir encore plus eutrophe à cause d'apports externes (provenant par exemple des pâturages environnants ou des dépôts atmosphériques), ou soit être colonisée par des espèces ligneuses si elle n'est pas entretenue par l'agriculture. Ce dernier cas semble même très probable du fait de la présence observée dans les sites d'étude de nombreux semis et d'arbustes de *Salix repens* et de *Betula pubescens*. Par contre, si elle est entretenue par des pratiques agricoles, particulièrement par de la mise en pâture contrôlée, il est fort probable que ce milieu puisse régresser et voir ses espèces typiques de mégaphorbiaies diminuer au profit de celles de bas-marais. De nouvelles mesures permettant de ralentir la colonisation forestière de ce milieu seraient à envisager, par exemple en ré-introduisant un système de pâture extensive, couplée ou non à un système de fauche.

Aconito-Filipenduletum GALLANDAT 1982 *caricetosum paniculatae* GALLANDAT 1982

Cette sous-association dense, qui est la plus nitratophile de l'*Aconito-Filipenduletum,* est une des sous-associations les plus pauvres en espèces végétales du *Filipendulion*. Elle se différencie des autres sous-associations présentées ci-dessus par de grands touradons de *Carex paniculata* * ainsi que par la présence d'*Urtica dioica* * (Figure 3.1.19).

En plus d'être présente en France, du côté du lac des Rousses (FERREZ, 2004b) ainsi que dans le Haut-Doubs (GALLANDAT, 1982), cette sous-association est principalement trouvée à La Burtignière, avec la variante typique riche en *Carex paniculata* (Tableau 3.1.27). Cette variante colonise les bordures des ruisseaux riches en nutriments. Ceux-ci collectent les eaux provenant des pâturages aux alentours et les amènent à travers la tourbière de La Burtignière (traversant les bas- et le haut-marais) jusqu'à l'Orbe (Figure 3.1.11). La présence de *Carex paniculata*, associée à celle d'*Urtica dioica* dans les zones encore plus eutrophes*,* indique la proximité d'un tel ruisseau. Ceci démontre toute l'importance qu'a cette variante dans son rôle de protection de la tourbière de La Burtignière contre les eaux riches en nutriments.

L'autre variante décrite par GALLANDAT (1982), la variante à *Phragmites australis* qui ressemble à une pseudo-roselière, est trouvée dans les sites étudiés, et notamment avec un relevé au Sentier et un autre à Chapelle-des-Bois (Tableau 3.1.27). Cette variante, comme son nom l'indique, se différencie de la précédente par la présence abondante de *Phragmites australis *.* Elle est présente à Chapelle-des-Bois, en pente, en amont d'un bas-marais et en aval d'une prairie et d'une lisière (Figure 3.1.13). Au Sentier, cette variante est située en bordure du sentier et d'une prairie fauchée et amendée (et pâturée après la fauche), ainsi que près d'un ruisseau amenant les eaux du pâturage au lac de Joux (Figure 3.1.12). Elle correspond donc, comme le dit GALLANDAT (1982), au « delta » des ruisseaux et contient des espèces indicatrices d'humidité relativement importante comme *Carex acutiformis* et *Carex elata*. Au Sentier, cette variante contient quelques autres espèces provenant des milieux aux alentours, et notamment du *Molinion*, comme *Molinia caerulea* et *Succisa pratensis*.

Au niveau dynamique, cette sous-association est stable et ne semble pas subir de menaces particulières, ceci même si un des relevés (577), situé en bordure du l'Orbe au nord de la tourbière de La Burtignière, contient un ensemble de spécimens adultes de *Salix triandra*. Il n'y a pour l'instant

pas de menace de colonisation forestière dans ce milieu, si on excepte bien sûr les rejets de ces saules.

Aconito-Chaerophylletum GALLANDAT *1982*

Cette association calcicole et hygrophile, est typique de la Combe des Mines, à La Burtignière (Figures 3.1.11 et 3.1.20 ; Tableau 3.1.27). Ce milieu, non pâturé et non utilisé à des fins agricoles, est situé dans des combes humides et des ourlets forestiers nitratophiles, en contact avec des suintements. Les espèces ***Chaerophyllum hirsutum***, ***Carex sylvatica*** et ***Aconitum neomontanum*** sont caractéristiques de cette association. D'autres espèces forestières sont également différentielles et très fréquentes dans ce milieu comme *Scirpus sylvaticus** et *Equisetum sylvaticum**. Ces espèces forment, avec d'autres de la classe des *Molinio-Arrhenatheretea* comme *Cirsium rivulare, Trollius europaeus, Crepis paludosa, Geum rivale, Polygonum bistorta, Veratrum album* s.l. et *Cirsium oleraceum,* un tapis de hautes herbes à grand feuillage qui cache un tapis de plantes forestières plus petites comme *Cardamine pratensis, Geranium sylvaticum* et *Primula elatior* s.str. (Figure 3.1.20 ; GALLANDAT, 1982).

Au niveau dynamique, cette association, du fait de sa position en zone forestière, peut être menacée par les ligneux. Des semis d'épicéas ainsi que d'autres arbustes, tels que des saules et d'autres feuillus, ont notamment été signalés à côté de la zone des relevés, ce qui peut être ou non un signe de fermeture potentielle de ce milieu.

Figure 3.1.20 : **Aconito-Chaerophylletum** ***présent à La Burtignière.***

Calthion palustris TÜXEN 1937

L'alliance du *Calthion*, appartenant comme le *Molinion* et le *Filipendulion* à la classe des *Molinio-Arrhenatheretea* et à l'ordre des *Molinietalia,* englobe les prairies humides amendées, fauchées et/ou pâturées ainsi que les pâturages humides.

Elle est caractérisée par une richesse importante en nutriments et en humus dans le sol. De plus, comme le *Filipendulion*, cette alliance est plutôt hygrophile et est composée d'espèces plutôt neutro-basophiles. Par contre, à l'inverse du *Filipendulion*, la végétation est de plus petite taille (DELARZE & GONSETH, 2008).

Répartie sur deux sites, La Burtignière et Le Sentier, cette alliance regroupe 12% des relevés (Figures 3.1.7, 3.1.8, 3.1.11 et 3.1.12 ; Tableau 3.1.28). A La Burtignière, dix relevés sur les 69 sont des *Calthion.* Au Sentier, quatre relevés sur les 23 appartiennent à cette alliance. Deux associations et deux groupements faisant partie de ces prairies ou pâturages humides montagnards sont présents dans l'ensemble des sites étudiés (Tableau 3.1.28). Ils ont été décrits par GALLANDAT (1982) ou OBERDORFER (1957) :

- *Trollio europaei-Cirsietum rivularis* OBERD. 1957 (La Burtignière, 4 relevés ; Sentier, 4 relevés) ;
- *Cirsio palustris-Juncetum effusi* GALLANDAT 1982 (La Burtignière, 3 relevés) ;
- Groupement à *Juncus inflexus* GALLANDAT 1982 (La Burtignière, 2 relevés) ;
- Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpinoarticulatus* GALLANDAT 1982 (La Burtignière, 1 relevé).

Tableau 3.1.28* : *Syntaxons appartenant à l'alliance du* Calthion *et présents sur le site d'étude. Détails avec le type de végétation (association en gras, sous-association et variante en dessous), les numéros et le lieu des relevés ainsi que le groupe auquel appartiennent les relevés.

LIEU	VÉGÉTATION	N° RELEVÉ	GROUPE
Burtignière	***Trollio-Cirsietum***		
	Trollio-Cirsietum potentilletosum, variante à *Carex davalliana*	492	2
	Trollio-Cirsietum		
	Trollio-Cirsietum potentilletosum, variante à *Viola palustris*	482, 489, 493	10
	Cirsio-Juncetum		
	Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae, variante à *Blysmus compressus*	1571, 1574, 1719	5
	Groupement à *Juncus inflexus*	485, 488	5
	Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpinoarticulatus*	1724	5
Le Sentier	***Trollio-Cirsietum***		
	Trollio-Cirsietum colchicetosum, variante à *Veratrum album*	1296, 1297, 1397, 1670	5

Dans les sites étudiés, l'alliance du *Calthion* est principalement présente dans les zones pâturées et/ou fauchées en bordure des bas-marais entourant ou non les hauts-marais, ou en bordure d'autres milieux humides (Tableau 3.1.28 ; Figures 3.1.11 et 3.1.12). Elle joue, comme l'alliance du *Filipendulion*, le rôle de zone tampon en protégeant les milieux oligotrophes des nutriments (GUYONNEAU & MADY, 2007).

L'alliance du *Calthion* est fortement sensible à l'abandon des pratiques agricoles ainsi qu'à l'assèchement (DELARZE & GONSETH, 2008). Cependant, elle tolère une augmentation en nutriments (DELARZE & GONSETH, 2008).

Trollio-Cirsietum OBERD. *1957*

Décrite par OBERDORFER (1957), l'association du *Trollio-Cirsietum*, qui s'étend vers 1000 m d'altitude du Jura à la Bavière (GALLANDAT, 1982), est présente à la Vallée de Joux dans les sites de La Burtignière et du Sentier (Tableau 3.1.28 ; Figures 3.1.11 et 3.1.12). Elle est également présente sur le site de Chapelle-des-Bois (GALLANDAT, 1982), mais n'a pas été échantillonnée dans cette étude.

Cette association est caractérisée par deux espèces, ***Cirsium rivulare*** et ***Trollius europaeus***. En plus de graminées, elle contient également d'autres espèces :

- *Festuca rubra* aggr., *Festuca pratensis* s.str., *Trifolium repens* s.str., *Cynosurus cristatus, Ranunculus acris* subsp. *friesianus, Trifolium pratense* s.str., *Lathyrus pratensis, Vicia cracca* s.str., *Poa trivialis* s.str., *Helictotrichon pubescens, Valeriana dioica, Centaurea jacea* s.str., *Rhinanthus minor* et *Alchemilla vulgaris* aggr. (classe des ***Molinio-Arrhenatheretea***) ;
- *Cirsium rivulare, Angelica sylvestris, Galium palustre, Valeriana dioica, Deschampsia cespitosa, Sanguisorba officinalis*, *Filipendula ulmaria*, *Succisa pratensis*, *Briza media, Galium uliginosum, Juncus inflexus, Geum rivale, Crepis paludosa* et *Scirpus sylvaticus* (ordre des ***Molinietalia***) ;
- *Valeriana officinalis* (alliance du ***Filipendulion***) ;
- *Caltha palustris*, *Myosotis scorpioides*, *Rhinanthus alectorolophus, Silene flos-cuculi*, *Polygonum bistorta, Phleum pratense* s.str., *Alopecurus pratensis*, *Rumex acetosa, Carex hirta, Veronica chamaedrys, Ranunculus repens, Taraxacum officinale* aggr., *Trisetum flavescens* et *Poa pratensis* (alliance du ***Calthion***) ;
- *Agrostis canina, Carex flava, Eriophorum angustifolium, Epilobium palustre* et *Carex nigra* (classe des ***Scheuchzerio-Caricetea fuscae***).

Selon le synsystème de GALLANDAT (1982), les relevés des sites étudiés peuvent être répartis en deux sous-associations décrites par GALLANDAT (1982) (Tableau 3.1.28) :

- *Trollio-Cirsietum* OBERD. 1957 *colchicetosum* GALLANDAT 1982 ;
- *Trollio-Cirsietum* OBERD. 1957 *potentilletosum* GALLANDAT 1982.

Trollio-Cirsietum OBERD. 1957 *colchicetosum* GALLANDAT 1982

Cette sous-association, qui est caractérisée par des conditions qui sont les plus sèches du *Trollio-Cirsietum*, est présente au Sentier, aux lieux-dits Chez le Poisson, Les Crêtets et Aux Bioux, en bordure sud des autres milieux humides du site (*Caricion davallianae* et *Molinion* ; Figures 3.1.12 et 3.1.21 ; Tableau 3.1.28). En dehors des sites d'étude, ce milieu est présent dans le Drugeon à Frasne (GUYONNEAU *et al.*, 2008) ainsi que vers le lac de l'Entonnoir (GUYONNEAU & MADY, 2007).

Parmi les trois variantes décrites par GALLANDAT (1982) seule la variante à *Veratrum album* a été trouvée (Tableau 3.1.28). Elle est située en bas de pente, et plus précisément entre les prairies de fauche de l'*Arrhenatherion* ou du *Cynosurion* et les prairies humides du *Molinion* ou les bas-marais (Figure 3.1.12).

Cette sous-association se différencie des autres sous-associations du *Trollio-Cirsietum* par la présence de *Colchicum autumnale* * et de *Leucanthemum adustum* * (Figure 3.1.21). De plus, elle contient une grande quantité de graminées, ce qui explique son lien avec l'*Arrhenatherion* (comme *Cynosurus cristatus, Agrostis stolonifera, Alopecurus pratensis, Anthoxanthum odoratum, Festuca arundinacea* s.l., *Festuca pratensis* s.str., *Poa pratensis, Briza media* et *Phleum pratense* s.str.). De plus, *Trifolium pratense* s.str., *Trifolium repens* s.str., *Ranunculus acris* subsp. *friesianus, Festuca rubra* aggr. et *Trisetum flavescens* y sont abondants, ce qui n'est pas le cas pour *Caltha palustris*, qui est peut être abondant dans un relevé comme rare dans un autre. En regardant de loin, toutes ces espèces donnent à cette végétation l'impression d'être une prairie de fauche traditionnelle plutôt méso- voire xérophile (Figure 3.1.21).

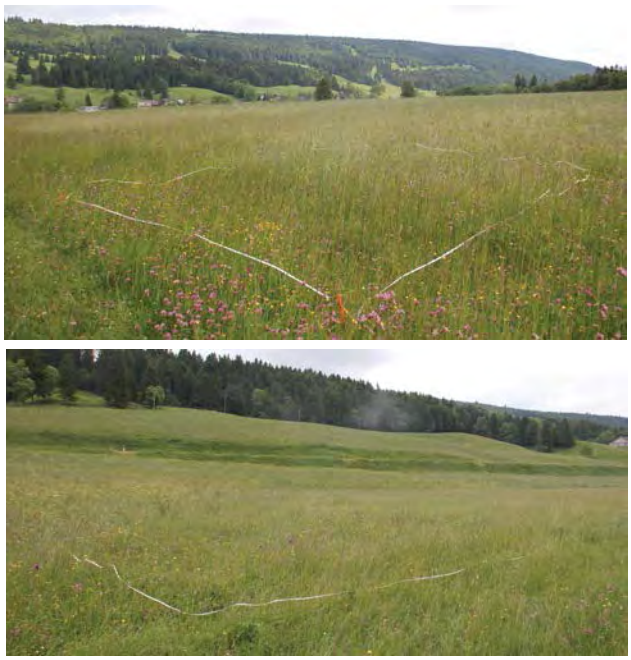


Figure 3.1.21 : **Trollio-Cirsietum colchicetosum *présent au Sentier.***

Au niveau dynamique, cette sous-association n'est pas menacée dans les sites d'étude. Elle est fauchée et parfois pâturée saisonnièrement après la fauche (en automne), et doit continuer à l'être dans le futur. Par contre, en cas de modification de ces pratiques agricoles, elle peut subir de graves dommages, notamment lors d'eutrophisation (pâturage intensif, amendement fréquent, ou arrêt de la fauche), d'assèchement ou de colonisation forestière (GUYONNEAU & MADY, 2007). Elle peut ensuite

évoluer en mégaphorbiaie en cas d'apports en nutriments et/ou de cessation de la fauche (*Filipendulion*) ou alors se transformer en prairies grasses en cas d'assèchement.

Trollio-Cirsietum OBERD. 1957 *potentilletosum* GALLANDAT 1982

Cette sous-association est le syntaxon du *Calthion* le plus fréquemment rencontré dans le Jura (GALLANDAT, 1982). Sur l'ensemble des sites étudiés, elle est présente à La Burtignière, dans les prairies humides fauchées situées au sud de la ferme de Praz-Rodet ainsi qu'à l'intérieur ou à proximité des bas-marais entourant ou non le haut-marais (Tableau 3.1.28 ; Figure 3.1.11). Dans le reste du Jura, cette sous-association est trouvée en transition entre les bas-marais et les prairies eutrophes dans la région de Frasne et du Bouverans (GUYONNEAU & MADY, 2007 ; GUYONNEAU *et al.*, 2008)

Parmi les variantes décrites par GALLANDAT (1982), les relevés des sites étudiés peuvent être répartis, selon la provenance et la chimie de l'eau, dans la variante neutro-basophile à *Carex davalliana*, ou dans la variante plus acidophile à *Viola palustris* située directement à proximité de bas-marais entourant un haut-marais (Tableau 3.1.28 ; Figure 3.1.22). Comme les deux variantes sont présentes sous la ferme de Praz-Rodet, il se peut que cet endroit ait un régime hydrique mixte : en plus des eaux plutôt acides et mésotrophes provenant du pâturage présent au-dessus de la ferme, la zone est certainement soumise à des suintements. Le drainage de cette zone à l'aide des divers canaux permet à la majorité de l'eau chargée en nutriments d'être évacuée et donc de ne pas trop enrichir le milieu. Le milieu reçoit donc juste ce qu'il faut en eau et nutriments pour perdurer. La variante à *Carex davalliana* présente dans la même zone mais plus à l'ouest, est moins soumise aux eaux acides, d'où l'apparition d'espèces de bas-marais neutro-alcalins (Figure 3.1.22).

Du fait de sa position de transition avec les bas-marais acidophiles ou neutro-basophiles, cette sous-association est fréquemment couverte d'un tapis de mousses. Elle se distingue des autres sous-associations du *Trollio-Cirsietum* par la présence de *Potentilla erecta* * et de *Galium uliginosum* *. Par ailleurs, elle contient de nombreuses espèces (avec un recouvrement parfois important) des *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* comme *Carex nigra*, *Viola palustris* * et *Carex echinata* * pour la variante à *Viola palustris,* ou comme *Carex davalliana* *, *Primula farinosa, Swertia perennis* * et *Carex panicea* pour la variante à *Carex davalliana*. On trouve également beaucoup d'autres espèces appartenant à la classe des *Molinio-Arrhenatheretea*, comme *Trifolium pratense* s.str., *Festuca rubra* aggr., *Vicia cracca* s.str. et *Rumex acetosa,* ainsi que des espèces typiques du *Calthion*, comme *Silene flos-cuculi*, *Polygonum bistorta* et *Geum rivale*.

Au niveau dynamique, cette sous-association peut être sujette à une modification en cas d'eutrophisation, d'embuissonnement ou d'assèchement, ces perturbations pouvant par conséquent menacer ses espèces typiques de bas-marais et de prairies humides (GUYONNEAU & MADY, 2007 ; DELARZE & GONSETH, 2008). Concernant les sites étudiés, les parties situées directement sous la ferme de Praz-Rodet ne sont pour l'instant pas menacées, ceci notamment parce que cette zone est gérée par une agriculture extensive, avec de la fauche puis du pâturage en fin d'été. Dans le futur, ces pratiques agricoles devraient continuer, ce qui permettra au milieu de rester comme il est actuellement. Par contre, la partie située proche des bas-marais entourant le haut-marais n'a subi depuis 1997 et jusqu'à maintenant, aucune influence agricole, ce qui peut par amener ce milieu à se modifier. De nouvelles mesures de gestion seraient à envisager afin d'éviter un changement de ce milieu en *Filipendulion* ainsi qu'un embuissonnement, par exemple en ré-introduisant un un système de fauche.

***Figure 3.1.22 :* Trollio-Cirsietum potentilletosum. *En haut, variante à* Viola palustris ; *en bas, variante à* Carex davalliana.**

Cirsio-Juncetum effusi GALLANDAT 1982

Décrite par GALLANDAT (1982), l'association du *Cirsio-Juncetum effusi*, qui s'étend du Jura à la Forêt Noire (GALLANDAT, 1982), est présente dans la région étudiée uniquement à La Burtignière, dans les pâturages humides situés au sud de la ferme de La Burtignière et au sud de la route cantonale, notamment dans des pâturages fortement piétinés (Tableau 3.1.28 ; Figure 3.1.11). Comme GALLANDAT (1982) et FERNEZ & GUICHARD (2007) le disent, cette association est souvent réduite à des surfaces très fragmentées et très petites.
En dehors des sites d'étude, cette association est également trouvée en France dans la zone du Mont d'Or, du Noirmont et du Risol (FERNEZ & GUICHARD, 2007).

Cette association est caractérisée par deux espèces, ***Cirsium palustre*** et ***Juncus effusus***. Elle contient également d'autres espèces :

- *Festuca rubra* aggr., *Festuca pratensis* s.str., *Cynosurus cristatus, Cardamine pratensis, Trifolium repens* s.str., *Ranunculus acris* subsp. *friesianus, Trifolium pratense* s.str., *Prunella vulgaris* et *Alchemilla vulgaris* aggr. (classe des ***Molinio-Arrhenatheretea***) ;
- *Filipendula ulmaria, Cirsium rivulare*, *Briza media, Galium uliginosum, Juncus inflexus, Geum rivale, Succisa pratensis* et *Valeriana dioica* (ordre des ***Molinietalia***) ;
- *Caltha palustris, Polygonum bistorta, Myosotis scorpioides, Rumex acetosa, Carex hirta, Veronica chamaedrys* et *Ranunculus repens* (alliance du ***Calthion***) ;
- *Juncus articulatus, Carex flava, Epilobium palustre, Blysmus compressus* et *Carex nigra* (classe des ***Scheuchzerio-Caricetea fuscae***).

Selon le synsystème de GALLANDAT (1982), et plus précisément parmi les quatres sous-associations décrites, les relevés des sites étudiés n'appartiennent qu'à une seule sous-association, le *Cirsio-Juncetum* GALLANDAT 1982 *caricetosum leporinae* GALLANDAT 1982 (Tableau 3.1.28). Cette sous-association se distingue des autres sous-associations du *Cirsio-Juncetum* par la présence de *Carex leporina* *, de *Deschampsia cespitosa* *, de *Phleum pratense* s.str. * et d'*Agrostis stolonifera* *.

De plus, parmi les deux variantes décrites par GALLANDAT (1982), les relevés effectués peuvent être répartis dans la variante à *Blysmus compressus* (Tableau 3.1.28 ; Figure 3.1.11). Elle correspond aux zones très humides et très piétinées par le bétail (Figure 3.1.23). Cette variante contient en mosaïque d'importantes touffes de *Juncus effusus* et de *Cirsium palustre* non mangées par le bétail, ainsi que des trous sans végétation remplis d'eau (Figure 3.1.23). On y trouve, en plus de quelques espèces citées ci-dessus, également d'autres espèces de bas-marais comme *Carex panicea* *, ainsi que *Veronica chamaedrys, Carex hirta* * et *Blysmus compressus* * (des espèces de milieux piétinés) et *Myosotis scorpioides. Cirsium rivulare* est également présent, mais en moindre quantité par rapport aux autres espèces.

Au niveau dynamique, ce milieu étant aujourd'hui pâturé extensivement, il est pour l'instant stable, et le restera probablement par la suite. Par contre, un changement des pratiques agricoles, notamment par une pâture plus intensive ou à l'inverse par un arrêt de la pâture, peut amener ce milieu à s'eutrophiser petit à petit. Un assèchement peut également modifier ce milieu.

Figure 3.1.23 : **Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae, *variante à* Blysmus compressus *présent à La Burtignière.***

Groupement à Juncus inflexus GALLANDAT 1982

Ce groupement, décrit par GALLANDAT (1982) est représenté par deux relevés sur le site de La Burtignière, situés au sud-ouest de la ferme de Praz-Rodet, dans le pâturage, en bas de pente (Tableau 3.1.28 ; Figures 3.1.11 et 3.1.24). Il est plutôt acidophile et riche en matière organique et en nutriments. De plus, par sa localisation, il joue un rôle tampon face aux nutriments. Ce groupement piétiné et hygrophile est, comme le *Cirsio-Juncetum,* très fragmenté et ne recouvre que peu de surfaces (GALLANDAT, 1982).

Concernant sa composition floristique, ce groupement se différencie des autres associations du *Calthion* par la présence majoritaire de ***Juncus inflexus***.

Au niveau dynamique, ce milieu pâturé est pour l'instant stable, et le restera probablement par la suite. Par contre, un changement des pratiques agricoles ou des conditions hydriques peut amener ce milieu à s'eutrophiser. De plus, un remplacement de ses espèces caractéristiques par des espèces de prairies grasses est également possible.

Figure 3.1.24 : Groupement à* Juncus inflexus *présent à La Burtignière.

Groupement à Glyceria plicata et Juncus alpinoarticulatus GALLANDAT 1982

Ce groupement, décrit par GALLANDAT (1982), est représenté uniquement par un seul relevé situé à La Burtignière. Il est caractérisé par des conditions très humides et est situé entre des saules dans un pâturage extensif très piétiné (Tableau 3.1.28 ; Figures 3.1.11 et 3.1.25). Dans ce relevé, de nombreuses planches recouvrent le sol (Figure 3.1.25).

Ce groupement est caractérisé par ***Glyceria plicata*** et ***Juncus alpinoarticulatus***, respectivement de la classe des *Phragmitetea* et des *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*. Il contient également d'autres espèces appartenant à :

- *Trifolium repens* s.str., *Cynosurus cristatus, Trifolium pratense* s.str., *Lathyrus pratenis, Dactylis glomerata* et *Alchemilla vulgaris* aggr. (classe des ***Molinio-Arrhenatheretea***) ;
- *Cirsium rivulare, Caltha palustris, Polygonum bistorta, Filipendula ulmaria, Briza media, Cirsium palustre, Deschampsia cespitosa, Galium uliginosum, Juncus inflexus, Crepis paludosa* et *Valeriana dioica* (ordre des ***Molinietalia***) ;
- *Carex hirta, Myosotis scorpioides, Veronica chamaedrys, Ranunculus repens, Juncus effusus* et *Silene flos-cuculi* (alliance du ***Calthion***) ;
- *Carex nigra* et *Carex flava* (classe des ***Scheuchzerio-Caricetea fuscae***) ;
- d'autres espèce compagnes, comme *Agrostis stolonifera, Anthoxanthum odoratum, Leontodon hispidus* s.str., *Carex flacca, Potentilla erecta, Carex pallescens, Carex rostrata* et *Equisetum palustre.*

Au niveau dynamique, ce milieu pâturé est pour l'instant stable, et le restera probablement, notamment s'il n'y a aucune modification dans la pâture ni dans les conditions hydriques (assèchement en particulier).

Figure 3.1.25 : Groupement à* Glyceria plicata *et* Juncus alpinoarticulatus *présent à La Burtignière.

Caricion davallianae KLIKA 1934

L'alliance du *Caricion davallianae* appartient à la classe des *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* et à l'ordre des *Tofieldietalia.*

Cette alliance réunit les groupements végétaux appartenant aux bas-marais neutro-alcalins. Ces marais à petites laîches, présents en Suisse en plaine jusqu'à 2000 mètres d'altitude dans le Jura, les Préalpes et les Alpes, contiennent majoritairement des cypéracées basophiles de petite taille ainsi que des bryophytes (DELARZE & GONSETH, 2008).

Répartie sur l'ensemble des sites étudiés, cette alliance regroupe 18% des relevés (Figure 3.1.7). Deux associations ainsi que deux groupements de bas-marais, décrits par DUTOIT (1924), OBERDORFER (1957) ou GALLANDAT (1982), sont présents (Tableau 3.1.29 ; Figures 3.1.8, 3.1.11, 3.1.12 et 3.1.13) :

- *Primulo farinosae-Schoenetum ferruginei* OBERD. 1957 (Sentier, 8 relevés) ;
- *Caricetum davallianae* DUTOIT 1924 (La Burtignière, 3 relevés ; Chapelle-des-Bois, 1 relevé) ;
- Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum* GALLANDAT 1982 (La Burtignière, 3 relevés ; Chapelle-des-Bois, 3 relevé) ;
- Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartsia alpina* GALLANDAT 1982 (Chapelle-des-Bois, 2 relevés).

Tableau 3.1.29 : Syntaxons appartenant à l'alliance du* Caricion davallianae *et présents sur le site d'étude. Détails avec le type de végétation (association en gras, sous-association et variante en dessous), les numéros et le lieu des relevés ainsi que le groupe auquel appartiennent les relevés.

LIEU	VÉGÉTATION	N° RELEVÉ	GROUPE
Burtignière	**Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum***	1716	2
		1557, 1674	8
	Caricetum davallianae *Caricetum davallianae typicum,* variante à *Trichophorum cespitosum,* forme à *Menyanthes trifoliata*	1566	2
	Caricetum davallianae *Caricetum davallianae typicum,* variante à *Trichophorum cespitosum,* forme à *Eriophorum vaginatum*	18_08_1988	8
	Caricetum davallianae *Caricetum davallianae caricetosum flaccae,* variante à *Swertia perennis*	1647	2
Le Sentier		1669	2
	Primulo-Schoenetum *Primulo-Schoenetum typicum,* variante à *Carex flacca*	506, 508, 698, 699, 1351, 1352	4
	Primulo-Schoenetum *Primulo-Schoenetum typicum,* variante typique	507	4
	Primulo-Schoenetum *Primulo-Schoenetum equisetosum variegati*	1224	4
Chapelle-des-Bois	**Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum***	807, 1498, 12/88a	2
	Groupement à *Trichophorum cespitosum* et à *Bartsia alpina*	1608, 1609	8
	Caricetum davallianae *Caricetum davallianae typicum,* variante typique	1106	2

Concernant les sites étudiés, l'alliance du *Caricion davallianae* est principalement présente en bordure des

bas-marais acidophiles entourant les hauts-marais, en bordure de l'Orbe et de pâturages, ou alors en bordure du lac de Joux et des lacs de Bellefontaine et des Mortes ou à l'intérieur d'un haut-marais (Tableau 3.1.29 ; Figures 3.1.11, 3.1.12 et 3.1.13).

Cette alliance est très sensible à l'abandon des pratiques agricoles ainsi qu'à leur intensification (DELARZE & GONSETH, 2008). Une modification de ces activités agricoles peut engendrer une dégradation et une transformation de cet écosystème fragile, ce qui est le cas dans de nombreux pays (GRÜNIG, 1994), et comme observé directement sur le terrain, dans de nombreux endroits des sites d'étude (cf. section 4.1).

Primulo-Schoenetum OBERD. 1957

Cette association primaire calcicole et ouverte a été premièrement décrite par OBERDORFER (1957). Relativement pauvre en espèces et en nutriments, elle est présente dans les sites étudiés aux étages submontagnards et montagnards, et est complètement liée, dans ces sites, au battement de nappe des lacs calcaires et oligotrophes (GALLANDAT, 1982 ; OBERDORFER, 1992). Ainsi, dans le site d'étude, elle est typique du bord du lac de Joux au Sentier (Tableau 3.1.29 ; Figure 3.1.12). Elle se développe dans des anciennes criques sur des sols calcaires, composés de craie lacustre et de dépôts glaciaires et alluviaux du Quaternaire, humides et riches en matière organique (GALLANDAT, 1982 ; FERREZ, 2004b). Dans le reste du Jura, cette association est trouvée dans la zone de Métabief (GALLANDAT, 1982), ainsi que dans la Combe de l'Ain (FERREZ, 2004b).

Cette association est caractérisée par deux espèces, ***Primula farinosa*** et ***Schoenus ferrugineus*** (une espèce de la Liste Rouge, vulnérable dans le Jura ; MOSER *et al.*, 2002), de la classe des *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*. Elle contient également d'autres espèces :

- *Parnassia palustris, Pinguicula vulgaris, Swertia pernnis, Eriophorum angustifolium*, *Carex flava, Carex hostiana, Carex panicea, Tofieldia calyculata, Equisetum variegatum* et *Carex davalliana* (classe des ***Scheuchzerio-Caricetea fuscae*** plus précisément à l'alliance du *Caricion davallianae*) ;
- *Vicia cracca* s.str. et *Festuca rubra* aggr. (classe des ***Molinio-Arrhenatheretea***) ;
- *Molinia caerulea, Succisa pratenis, Galium boreale, Sanguisorba officinalis* et *Genista tincoria* (ordre des ***Molinietalia*** et l'alliance du ***Molinion***) ;
- d'autres espèces, comme *Potentilla erecta, Linum catharticum, Leontodon hispidus* s.str., *Carex elata, Phragmites australis, Valeriana dioica* et *Sesleria caerulea* ;
- des espèces ligneuses comme *Salix repens, Picea abies* et *Betula pubescens.*

La présence importante des espèces du *Molinion* dans cette association, permet de supposer un lien dynamique avec la sous-association du *Trollio-Molinietum silaetosum*, notamment en cas de léger asséchement.

Selon le synsystème de GALLANDAT (1982), les relevés des sites étudiés peuvent être répartis dans deux sous-associations décrites par OBERDORFER (1992) et GALLANDAT (1982) (Tableau 3.1.29) :

- *Primulo-Schoenetum* OBERD. 1957 *typicum* OBERD. 1962 ;
- *Primulo-Schoenetum* OBERD. 1957 *equisetetosum variegati* GALLANDAT 1982.

Primulo-Schoenetum OBERD. 1957 *typicum* OBERD. 1962

Cette sous-association contenant en moyenne 18 espèces, est présente sur le site du Sentier à la Tête du Lac, aux Bioux, ainsi qu'Aux Vieux Cheseaux, dans des zones ouvertes et humides, en contact avec le *Molinion* présent aussi sur le site (Tableau 3.1.29 ; Figures 3.1.12 et 3.1.26). Elle est plus précisément présente dans des petites dépressions ou cuvettes inondées (GALLANDAT, 1982).
Les relevés effectués et appartenant à cette sous-association peuvent être répartis dans deux variantes, la variante à *Carex flacca*, et la variante typique (Tableau 3.1.29). La variante typique est peu présente et ne comporte pas beaucoup de différences au niveau floristique avec la variante à *Carex flacca*, hormis l'absence de cette espèce.

Figure 3.1.26 : **Primulo-Schoenetum typicum** ***présent au Sentier. En haut, variante à*** **Carex flacca** **;** ***en bas, variante typique.***

Cette sous-association se distingue de l'autre sous-association du *Primulo-Schoenetum* par la présence de touffes denses (touradons) de *Schoenus ferrugineus*, entremêlées de *Carex davalliana* * et de *Phragmites australis* * (Figure 3.1.26).
Comme autres espèces, elle contient des espèces du *Molinion*, avec *Molinia caerulea, Succisa pratensis, Swertia perennis* et *Sanguisorba officinalis* ou des compagnes comme *Potentilla erecta* et *Festuca rubra* aggr. Ces relevés ont aussi la particularité de posséder un recouvrement assez important d'espèces ligneuses telles que *Betula pubescens, Picea abies* et *Salix repens*, pouvant être un signe d'une évolution de ce groupement vers un milieu plus méso- voire xérophile et plus fermé. Pour le futur, aux Vieux Cheseaux et à la Tête du Lac, il serait important d'envisager de ré-introduire un système de fauche (avec évacuation de la litière), ceci afin d'éviter son atterrissement et sa fermeture par les espèces ligneuses, et par conséquent la perte des diverses espèces typiques.

Primulo-Schoenetum OBERD. 1957 *equisetosum variegati* GALLANDAT 1982

Cette sous-association décrite par GALLANDAT (1982) et contenant en moyenne 25 espèces, est présente avec un unique relevé en bordure directe du lac de Joux, au lieu-dit Aux Vieux Cheseaux (Tableau 3.1.29 ; Figures 3.1.12 et 3.1.27). Ce relevé est situé dans une partie ouverte entourée de divers ligneux (épicéas, saules et bouleaux principalement).

Au contraire de la sous-association *typicum*, cette sous-association n'est jamais inondée, et ne contient pas de touffes serrées de *Schoenus ferrugineus*. Ayant un aspect de gazon avec des plantes de taille homogène (Figure 3.1.27), elle se distingue de l'autre sous-association par la présence *d'Equisetum variegatum* * (une espèce de la Liste Rouge, vulnérable dans le Jura ; MOSER *et al.*, 2002), de *Tofieldia calyculata* * et de *Calamagrostis varia* *. Comme autres espèces, elle contient comme la sous-association *typicum*, des espèces du *Molinion*, avec *Molinia caerulea, Succisa pratensis, Swertia perennis* et *Sanguisorba officinalis* ainsi que des compagnes comme *Potentilla erecta* et *Festuca rubra* aggr. Des espèces ligneuses telles que *Picea abies* et *Betula pubescens* sont également présentes. Pour éviter la fermeture de ce milieu, un système de fauche serait à envisager (avec évacuation de la litière, ceci afin d'éviter une perte des diverses espèces typiques et rares.

Figure 3.1.27 : **Primulo-Schoenetum equisetosum variegatum *présent au Sentier*.**

Caricetum davallianae DUTOIT *1924*

Avec seulement quatre relevés, l'association du *Caricetum davallianae* est présente dans les sites de La Burtignière et de Chapelle-des-Bois (Tableau 3.1.29 ; Figures 3.1.11 et 3.1.13). A La Burtignière, cette association est représentée par trois relevés situés dans un pâturage en bordure de l'Orbe ainsi qu'en bordure des bas-marais acidophiles de La Burtignière et du Carre (Figure 3.1.11). A Chapelle-des-Bois, seul un relevé appartenant à cette association est trouvé, en bordure nord du lac des Mortes et en contact avec le *Molinion* fauché (Figure 3.1.13). En dehors des sites étudiés, cette association est également trouvée à moyenne altitude dans le massif jurassien, dans la zone du Drugeon (GUYONNEAU & MADY, 2007), du Mont d'Or et du Noirmont (FERNEZ & GUICHARD, 2007), ainsi que du lac de l'Entonnoir près de Bouverans (GUYONNEAU *et al.*, 2008). En Suisse, elle est présente jusqu'à 2000 mètres d'altitude, dans les zones alpines et préalpines à faible pente (BRESSOUD & GIUGNI, 1996).

Au niveau floristique, cette association est caractérisée par ***Carex davalliana***, ***Eriophorum latifolium*** et ***Juncus alpinoarticulatus***. De plus, elle est composée de :

- *Parnassia palustris, Carex nigra, Carex flava, Pedicularis palustris, Eriophorum angustifolium, Juncus articulatus, Eriophorum vaginatum, Trichophorum cespitosum* et *Menyanthes trifoliata* (classe des ***Scheuchzerio-Caricetea fuscae***) ;
- *Carex panicea, Swertia perennis, Carex hostiana, Primula farinosa* et *Pinguicula vulgaris* (alliance du ***Caricion davallianae***) ;
- *Vicia cracca* s.str., *Festuca rubra* aggr., *Lathyrus pratensis*, *Lotus corniculatus, Centaurea jacea* s.str., *Ranunculus acris* subsp. *friesianus* et *Rhinanthus minor* (classe des ***Molinio-Arrhenatheretea***) ;
- *Molinia caerulea, Succisa pratenis, Sanguisorba officinalis, Briza media, Filipendula ulmaria, Galium uliginosum, Valeriana dioica, Angelica sylvestris, Trollius europaeus, Cirsium rivulare, Crepis paludosa, Veratrum album* s.l., *Dianthus superbus, Caltha palustris, Salix repens* et *Polygonum bistorta* (ordre des ***Molinietalia***) ;

- *Carex rostrata* (classe des ***Phramitetea***) ;
- d'autres espèces, comme *Potentilla erecta, Carex flacca, Anthoxanthum odoratum, Dactylorhiza fistulosa, Equisetum palustre, Polygala amarella, Agrostis stolonifera, Betula pubescens* et *Luzula multiflora*.

Selon le synsystème de GALLANDAT (1982), les relevés effectués dans cette étude se répartissent en deux sous-associations (Tableau 3.1.29) :

- *Caricetum davallianae* DUTOIT 1924 *typicum* GÖRS 1963 ;
- *Caricetum davallianae* DUTOIT 1924 *caricetosum flaccae* GALLANDAT 1982.

Caricetum davallianae DUTOIT 1924 *typicum* GÖRS 1963

Les relevés appartenant à cette sous-association peuvent être répartis dans deux variantes décrites par GALLANDAT (1982) : la variante à *Trichophorum cespitosum* et la variante typique (Tableau 3.1.29). La variante à *Trichophorum cespitosum*, plus hygrophile, peut également être scindée en deux formes : la forme à *Menyanthes trifoliata* (une espèce plutot rare et figurant sur la Liste Rouge en Suisse, MOSER *et al.*, 2002) et la forme à *Eriophorum vaginatum* (Tableau 3.1.29).
A La Burtignière, cette sous-association, contenant en moyenne 30 espèces, est présente avec la variante à *Trichophorum cespitosum* en bordure de la tourbière de La Burtignière (forme à *Eriophorum vaginatum* ; Figure 3.1.28), ainsi qu'en bordure de l'Orbe et d'un pâturage (forme à *Menyanthes trifoliata* ; Figure 3.1.29) (Tableau 3.1.29 ; Figure 3.1.11). A Chapelle-des-Bois, la sous-association avec la variante typique se situe en bordure du lac des Mortes, en bas de pente et en dessous du *Molinion* (Tableau 3.1.29 ; Figure 3.1.13). La variante à *Trichophorum cespitosum* se distingue de l'autre variante par la présence de *Trichophorum cespitosum* *.

Cette sous-association, présente dans les bas de pente ou les faibles pentes, est dominée par les laîches (*Carex*) et *Molinia caerulea*. Elle se distingue du *Caricetum davallianae caricetosum flaccae* par la présence de *Pinguicula vulgaris* *, de *Swertia perennis* *, de *Carex hostiana* *, de *Parnassia palustris* * et de *Carex flava* *. Par ailleurs, elle est relativement pauvre en graminées et en espèces des *Molinio-Arrhenatheretea*. Elle contient également un recouvrement important de mousses. Ces dernières espèces caractérisent bien les variations d'humidité saisonnière en surface que peut subir cette sous-association.

La variante à *Trichophorum cespitosum* est notamment composée de *Trichophorum cespitosum* * ainsi que d'espèces des *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*, avec notamment *Eriophorum vaginatum* * pour la forme à *Eriophorum vagintum,* et *Menyanthes trifoliata* * pour la forme à *Menyanthes trifoliata* (Tableau 3.1.29 ; Figures 3.1.28 et 3.1.29).
La variante à *Trichophorum cespitosum,* forme à *Eriophorum vaginatum* est présente en bordure de la tourbière de La Burtignière, dans une pente (Figures 3.1.11 et 3.1.28). Au niveau hydrique, elle reçoit les eaux de suintements calcaires. Elle est composée en majorité de *Carex rostrata* ainsi que de trois espèces d'*Eriophorum* (*Eriophorum vaginatum* *, *Eriophorum angustifolium* et *Eriophorum latifolium*). Au niveau dynamique, cette forme contient divers plantules et arbustes de *Betula pubescens* et de *Salix repens*, pouvant à terme coloniser plus abondamment le milieu jusqu'à le modifier. Cette zone a été mise à ban en 1997 (LE COVÉ SA, 1995). Il serait important ici, afin de restaurer la zone et d'éviter l'embroussaillement, de ré-introduire un système de pâture extensive, couplée ou non à de la fauche : en effet le bétail, pourra ainsi parcourir la zone pour y manger les ligneux. Par contre, il faudra faire attention de ne pas parquer le bétail à un endroit donné, puisque ceci pourrait à l'inverse provoquer une modification du bas-marais (par surpiétinement et eutrophisation du milieu par le excréments). Une solution serait de laisser les vaches du pâturage venir dans la zone du bas-marais, sans les y enfermer. Elles pourront ainsi circuler à leur guise entre le milieu plus humide (bas-marais) et le milieu plus sec (pâturage environnant).

Figure 3.1.28 : **Caricetum davallianae typicum, *variante à* Trichophorum cespitosum, *forme à* Eriophorum vaginatum.**

La variante à *Trichophorum cespitosum,* forme à *Meynanthes trifoliata* est située à La Burtignière dans un pâturage extensif en bordure de l'Orbe (Tableau 3.1.29 ; Figures 3.1.11 et 3.1.29). Ce milieu très humide est composé majoritairement de *Carex davalliana, Carex rostrata, Eriophorum latifolium, Carex flava, Carex hostiana, Juncus articulatus* et *Menyanthes trifoliata* * (une espèce plutôt rare et figurant sur la Liste Rouge en Suisse, MOSER *et al.*, 2002). On y trouve également un nombre important d'espèces des *Molinio-Arrhenatheretea*, comme *Vicia cracca* s.str., *Festuca rubra* aggr. et *Lathyrus pratensis*. Des espèces nitratophiles y sont également présentes comme *Veronica beccabunga, Carex paniculata, Ranunculus acris* subsp. *friesianus* et *Carex acutiformis*. Au niveau dynamique, ce milieu ne semble pas menacé pour l'instant. Cependant, si le pâturage cesse ou s'intensifie, ou alors si le milieu s'assèche, ce dernier peut s'eutrophiser et par conséquent amener à la disparition des espèces caractéristiques de cette variante.

Figure 3.1.29 : **Caricetum davallianae typicum, *variante à* Trichophorum cespitosum, *forme à* Menyanthes trifoliata.**

La variante typique se situe à Chapelle-des-Bois, en bordure du lac des Mortes, en bas de pente et en dessous du *Molinion,* dans une zone non fauchée (Tableau 3.1.29 ; Figures 3.1.13 et 3.1.30). Elle est composée majoritairement d'espèces du *Caricion davallianae,* ainsi que de *Molinia caerulea.* Au niveau dynamique, ce milieu est pour l'instant stable. Cependant, comme de nombreux milieux, celui-ci peut se modifier en cas d'assèchement ou en cas d'eutrophisation.

Figure 3.1.30 : **Caricetum davallianae typicum, *variante typique*.**

Caricetum davallianae DUTOIT 1924 *caricetosum flaccae* GALLANDAT 1982

L'unique relevé effectué et appartenant à cette sous-assocation décrite par GALLANDAT (1982) est situé à La Burtignière, en bordure du haut-marais du Carre, au sud d'une petite lisière de saules dans une zone très humide (Tableau 3.1.29 ; Figure 3.1.11). De plus, il appartient à la variante à *Swertia perennis*, dans laquelle *Molinia caerulea* est bien présente (Tableau 3.1.29 ; Figure 3.1.31). Cette sous-association et variante se distingue de la sous-association *typicum* par la présence de *Carex flacca* *, de *Trifolium pratense* s.str. *, de *Trifolium repens* s.str. * et de *Rhinanthus minor* *, ainsi que d'un recouvrement important de *Carex davalliana, Swertia perennis* et *Molinia caerulea.* D'autres espèces des *Molinio-Arrhenatheretea* et des *Molinetalia* comme *Vicia cracca* s.str., *Festuca rubra* aggr., *Ranunculus acris* subsp. *friesianus, Sanguisorba officinalis* ou *Filipendula ulmaria* sont un peu plus fréquentes que dans la sous-association *typicum.* La présence de *Carex flacca* semble indiquer que ce relevé est situé dans une zone argileuse avec des suintements d'eau calcaire.

Figure 3.1.31 : **Caricetum davallianae caricetosum flaccae *en bordure de la tourbière du Carre à La Burtignière.***

Au niveau dynamique, ce milieu étant entouré de bouleaux et de saules, contient diverses plantules de ligneux. La présence de ces plantules peuvent indiquer que le développement de ces arbres est limité aujourd'hui par l'humidité régnant dans le milieu. Cependant, dans le futur, si les conditions d'humidité diminuent ou que le climat devient plus chaud, on ne peut pas exclure que ces plantules et ces arbres colonisent à terme le milieu, l'assèchant ensuite.

Groupement à Molinia caerulea et Trichophorum cespitosum GALLANDAT 1982

Ce groupement, créé par GALLANDAT (1982), est présent à La Burtignière ainsi qu'à Chapelle-des-Bois, majoritairement en bordure de hauts-marais ou de bas-marais acidophiles (Tableau 3.1.29 ; Figures 3.1.11, 3.1.13 et 3.1.32). En dehors de La Burtignière et de Chapelle-des-Bois, ce syntaxon est également trouvé en France dans la tourbière des Rousses (FERREZ *et al.*, 2011).

Ce milieu, plutôt calcicole est assez rare, et caractérisé par une dominance de touffes de ***Molinia caerulea*** et de ***Trichophorum cespitosum***. De plus, ce groupement contient un ensemble d'autres espèces :

- *Carex davalliana, Carex flava, Eriophorum angustifolium* et *Carex nigra* (ordre des ***Tofieldietalia***) ;
- *Carex panicea, Swertia perennis, Carex hostiana, Primula farinosa, Parnassia palustris* et *Bartsia alpina* (alliance du ***Caricion davallianae***) ;
- *Succisa pratensis, Sanguisorba officinalis, Filipendula ulmaria, Galium uliginosum, Valeriana dioica, Angelica sylvestris, Trollius europaeus, Cirsium rivulare, Caltha palustris, Lathyrus*

pratensis, Crepis mollis et *Crepis paludosa* (ordre des ***Molinietalia***) ;
- *Dianthus superbus* et *Galium boreale* (alliance du ***Molinion***) ;
- *Carex rostrata*, *Carex acuta* et *Carex acutiformis* (classe des ***Phragmitetea***) ;
- d'autres espèces comme *Potentilla erecta, Carex flacca, Anthoxanthum odoratum, Briza media* et *Equisetum palustre.*

Ce groupement est principalement soumis aux eaux de la nappe phréatique riches en cations basiques, et peut donc subir des variations saisonnières d'humidité. Au niveau dynamique, ce milieu semble assez stable à l'heure actuelle. Cependant, la prolifération des touradons de *Molinia caerulea* peut être le signe d'un arrêt de la fauche (FERREZ, 2011), pouvant par la suite amener à une eutrophisation du milieu et à la disparition de ses espèces.

Figure 3.1.32 : Groupement à* Molinia caerulea *et* Trichophorum cespitosum *présent à Chapelle-des-Bois.

Groupement à Trichophorum alpinum et Bartsia alpina GALLANDAT *1982*

Ce groupement est présent uniquement à Chapelle-des-Bois, dans le centre du haut-marais situé au nord du lac de Bellefontaine, dans une zone constituée de marais tremblants, de buttes et de gouilles (*Rhynchosporion* et *Sphagnion magellanici* ; Tableau 3.1.29 ; Figures 3.1.13 et 3.1.33).
Ce milieu est caractérisé par la présence de ***Trichophorum alpinum*** et de ***Bartsia alpina***, ainsi que d'autres espèces, donc certaines protégées et rares (**) :

- *Carex davalliana, Carex flava, Eriophorum angustifolium*, *Menyanthes trifoliata*, *Trichophorum cespitosum, Drosera intermedia***, *Drosera rotundifolia*** *Eriophorum vaginatum, Vaccinium oxycoccos, Andromeda polifolia, Calluna vulgaris, Rhynchospora alba*** et *Carex nigra* (ordre des ***Tofieldietalia***) ;
- *Primula farinosa, Parnassia palustris, Pinguicula vulgaris* et *Bartsia alpina* (alliance du ***Caricion davallianae***) ;
- *Carex rostrata* (classe des ***Phragmitetea***) ;
- *Succisa pratensis* et *Molinia caerulea* (ordre des ***Molinietalia***) ;
- d'autres espèces comme *Potentilla erecta.* GALLANDAT (1982) et FERREZ *et al.* (2011) indiquent aussi la présence de *Selaginella selaginoides*, non retrouvée lors de la période des relevés en 2012.

Ce groupement, plutôt isolé, est soumis aux eaux de pluies ainsi que de la nappe du haut-marais. A l'heure actuelle, il semble stable. Cependant, il est très vulnérable aux changements hydriques (assèchement, apport d'eau calcaire), ainsi qu'aux apports en nutriments.

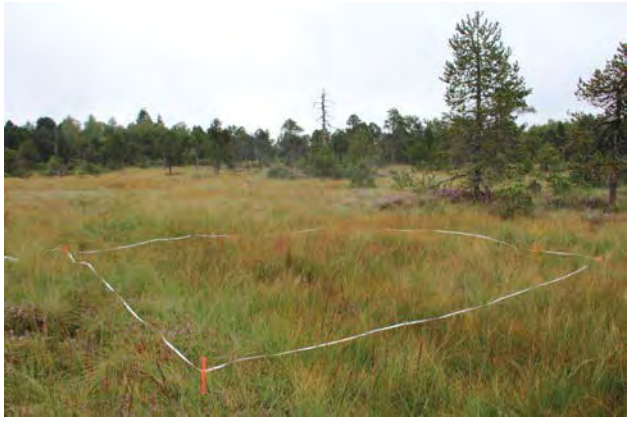


Figure 3.1.33 : Groupement à* Trichophorum alpinum *et* Bartsia alpina *présent à Chapelle-des-Bois.

Caricion fuscae W. KOCH 1926

L'alliance du *Caricion fuscae* appartient à la classe des *Scheucherio-Caricetea fuscae* et à l'ordre des *Caricetalia fuscae.* Cette alliance réunit les groupements végétaux appartenant aux bas-marais acidophiles, pauvres en nutriments et contenant beaucoup d'humus dans le sol. Ces marais à petites laîches, contiennent majoritairement des cypéracées acidophiles ou acidotolérantes de petite taille ainsi que des bryophytes (DELARZE & GONSETH, 2008). Au niveau hydrique, en plus d'être alimentés par les précipitations, ces milieux sont alimentés par des eaux de ruissellement, de suintement acides ou par les eaux provenant des hauts-marais. Dans ce dernier cas, du fait de leur position en bordure de hauts-marais, c'est-à-dire dans une zone légèrement plus surélevée que les autres milieux basophiles des alentours (*Caricion davallianae, Molinion, Calthion* ou *Filipendulion* entre autres), ils ne subissent, à l'état naturel, pas d'influence d'eau calcaire. En Suisse, cette alliance est présente dans les montagnes siliceuses jusqu'à l'étage alpin et constitue, à ces hautes altitudes, les seuls écosystèmes humides (BRESSOUD & GIUGNI, 1996). Elle est également un peu présente dans le Jura calcaire dans des zones non soumises à des suintements riches en cations basiques, c'est-à-dire en bordure de hauts-marais. En dehors des sites étudiés, cette alliance est également trouvée à moyenne altitude dans le massif jurassien, en Allemagne du Sud (GALLANDAT, 1982) ainsi que dans les Vosges, le Massif Central et les Alpes françaises (FERREZ *et al.*, 2011).

L'alliance du *Caricion fuscae* étudiée ici est uniquement présente sur le site de La Burtignière en ceinture autour des hauts-marais (Tableau 3.1.30 ; Figures 3.1.8 et 3.1.11). Plutôt réduite à des surfaces fragmentaires dans cette zone calcaire, on en trouve autour des hauts-marais de La Burtignière et de Praz-Rodet (Figure 3.1.11). Cette alliance regroupe 12% des relevés (Figure 3.1.7).

Deux sous-associations appartenant à l'association *Caricetum fuscae* sont présentes sur ces deux sites (Tableau 3.1.30) :

- *Caricetum fuscae* BRAUN-BLANQUET 1915 *trichophoretosum cespitosi* GALLANDAT 1982 (La Burtignière, 12 relevés) ;
- *Caricetum fuscae* BRAUN-BLANQUET 1915 *comaretosum palustris* GALLANDAT 1982 (La Burtignière, 2 relevés).

Cette alliance est, comme le *Caricion davallianae*, très sensible à l'abandon des pratiques agricoles ainsi qu'à leur intensification (DELARZE & GONSETH, 2008). Une modification des activités agricoles peut engendrer une dégradation et une transformation de cet écosystème fragile, ce qui est le cas dans de nombreux pays et dans de nombreux endroits des sites étudiés. Par ailleurs, comme l'eau occupe tout le sol jusqu'à sa surface, cet écosystème est très vulnérable aux changements hydriques comme l'assèchement ou l'apport d'eau calcaire (DELARZE & GONSETH, 2008).

Caricetum fuscae BRAUN-BLANQUET 1915

L'association du *Caricetum fuscae,* décrite par plusieurs auteurs (par exemple DUTOIT, 1924 ; KOCH, 1928 ; BRAUN-BLANQUET, 1948), est caractérisée au niveau floristique par ***Carex nigra***, ***Viola palustris*** et ***Carex echinata***. De plus, elle est composée de :

- *Agrostis canina, Eriophorum angustifolium, Trichophorum cespitosum, Vaccinium oxycoccos, Epilobium palustre* et *Parnassia palustris* (classe des ***Scheuchzerio-Caricetea fuscae***) ;
- *Calluna vulgaris*, *Eriophorum vaginatum, Vaccinium uliginosum, Solidago virgaurea* s.str., *Vaccinium myrtillus* et *Vaccinium vitis-idaea* (alliance du ***Caricion fuscae***) ;
- *Carex diandra*, *Potentilla palustris* et *Carex lasiocarpa* (alliance du ***Caricion lasiocarpae***) ;
- *Carex panicea* et *Swertia perennis* (alliance du ***Caricion davallianae***) ;
- *Festuca rubra* aggr., *Lathyrus pratensis, Crepis mollis, Vicia cracca* s.str., *Festuca pratensis* s.str., *Cardamine pratensis, Plantago lanceolata, Poa trivialis* s.str., *Trifolium pratense* s.str. et *Ranunculus acris* subsp. *friesianus* (classe des ***Molinio-Arrhenatheretea***) ;
- *Molinia caerulea, Succisa pratensis, Galium uliginosum, Polygonum bistorta, Sanguisorba officinalis, Filipendula ulmaria, Deschampsia cespitosa, Cirsium palustre, Angelica sylvestris, Cirsium rivulare, Geum rivale, Salix repens, Trollius europaeus, Valeriana dioica, Briza media, Galium palustre* et *Caltha palustris* (ordre des ***Molinietalia***) ;
- autres espèces, comme *Agrostis capillaris, Carex leporina, Nardus stricta, Festuca ovina* aggr. et *Luzula multiflora*.

Tableau 3.1.30* : *Syntaxons appartenant à l'alliance du* Caricion fuscae *et présents sur le site d'étude de la Burtignière. Détails avec le type de végétation (association en gras, sous-association et variante en dessous), les numéros des relevés ainsi que leur groupe.

LIEU	VÉGÉTATION	N° RELEVÉ	GROUPE
Burtignière	***Caricetum fuscae***	1715	2
	Caricetum fuscae trichophoretosum, variante à *Festuca rubra*	494, 495, 501, 502, 1572	10
	Caricetum fuscae		
	Caricetum fuscae trichophoretosum, variante à *Calluna vulgaris,* forme à *Vaccinium oxycoccos*	510, 511, 1556, 1677	6
	Caricetum fuscae		
	Caricetum fuscae trichophoretosum, variante à *Calluna vulgaris,* forme sèche	1508, 1680	6
	Caricetum fuscae		
	Caricetum fuscae comaretosum, variante à *Carex diandra*	512, 514	8

Caricetum fuscae BRAUN-BLANQUET 1915
trichophoretosum GALLANDAT 1982

Cette sous-association, contenant en moyenne 21 espèces, se distingue du *Caricetum fuscae comaretosum* par la présence d'*Eriophorum vaginatum* *, de *Trichophorum cespitosum* *, de *Nardus stricta* * et d'*Agrostis capill*aris *.

Les relevés effectués dans cette étude et appartenant à cette sous-assocation peuvent être répartis dans deux variantes décrites par GALLANDAT (1982) : la variante à *Calluna vulgaris* et la variante à *Festuca rubra* (Tableau 3.1.30). La variante à *Calluna vulgaris* peut également être scindée en deux formes, la forme sèche typique et la forme à *Vaccinium oxycoccos* (Tableau 3.1.30).

La variante plus humide à *Calluna vulgaris* correspond à une lande située en bordure des hauts-marais de La Burtignière et de Praz-Rodet (Figure 3.1.11 ; Tableau 3.1.30). Elle se distingue de la variante à *Festuca rubra* par la présence de *Calluna vulgaris* * et de *Vaccinium uliginosum* * (Figure 3.1.34). La forme à *Vaccinium oxycoccos*, qui se développe en contact du *Pino-Sphagnetum*, se distingue de la forme sèche, qui se développe au contact de la bétulaie, par la présence de *Vaccinium oxycoccos* *, de *Carex rostrata* * et de sphaignes. La forme sèche quant à elle contient plus de graminées et d'espèces de l'ordre des *Molinietalia* (*Festuca ovina* aggr., *Succisa pratensis, Festuca rubra*

aggr.*, Galium uliginosum, Polygonum bistorta, Sanguisorba officinalis, Lathyrus pratensis, Veratrum album* s.l.*, Trollius europaeus* et *Agrostis capillaris*) que la forme humide à *Vaccinium oxycoccos.*

Au niveau de la dynamique de cette variante, ce milieu semble stable actuellement. Cependant, la présence de quelques arbustes et plantules comme *Picea abies, Pinus mugo* subsp. *uncinata* et *Betula pubescens* peuvent montrer une évolution naturelle de ce milieu, allant vers un boisement, puis à un assèchement sur le long terme, à nouveau si les conditions d'humidité changent ou que le climat devient plus chaud.

Figure 3.1.34 : **Caricetum fuscae trichophoretosum, *variante à* Calluna vulgaris. *En haut, forme humide à* Vaccinium oxycoccos ; *en bas, forme sèche.***

La variante à *Festuca rubra* correspond à des bas-marais acidophiles plus mésophiles, situés en périphérie des pâturages et des hauts-marais de La Burtignière et de Praz-Rodet (Tableau 3.1.30 ; Figures 3.1.11 et 3.1.35). Elle se distingue de la variante humide à *Calluna vulgaris* par la présence de *Polygonum bistorta* *, de *Deschampsia cespitosa* *, de *Succisa pratensis* *, de *Carex leporina* * et de *Carex panicea* *. En plus de ces espèces, elle est composée d'une grande quantité de graminées et d'espèces de la classe des *Molinio-Arrhenatheretea* et de l'ordre des *Molinietalia,* montrant une transition avec l'alliance du *Calthion* et les pâturages, avec notamment *Festuca ovina* aggr.*, Festuca rubra* aggr.*, Galium uliginosum, Polygonum bistorta, Sanguisorba officinalis, Crepis mollis, Cirsium palustre, Filipendula ulmaria, Geum rivale, Helictotrichon pratense* et *Vicia cracca* s.str..

Au niveau de la dynamique de cette variante, ce milieu semble stable actuellement. Cependant, la présence de quelques arbustes et plantules comme *Picea abies, Salix repens* et *Betula pubescens* peuvent montrer une évolution naturelle de ce milieu, allant vers un boisement, puis à un assèchement sur le long terme. Par ailleurs, ce milieu, comportant une grande quantité d'espèces pouvant à long terme eutrophiser le milieu à cause de l'accumulation de litière due à une non exploitation agricole. Dans certaines zones composées par cette variante, notamment autour du haut-marais de Praz-Rodet, il serait bien d'envisager de ré-introduire un système de fauche afin d'éviter l'embuissonnement et l'eutrophisation du milieu.

Figure 3.1.35 : **Caricetum fuscae trichophoretosum, *variante à* Festuca rubra *présent à La Burtignière.***

Caricetum fuscae BRAUN-BLANQUET 1915 *comaretosum* GALLANDAT 1982

Seulement deux relevés effectués dans cette étude appartiennent à cette sous-assocation décrite par GALLANDAT (1982). Cette sous-association, qui contient en moyenne 34 espèces, est présente en bordure du haut-marais situé au sud de la tourbière de La Burtignière, dans une zone gorgée d'eau, un peu tremblante et sur sol tourbeux, proche d'une lisière de saules et de bouleaux (Tableau 3.1.30 ; Figures 3.1.11 et 3.1.36). Cette cariçaie de transition entre bas-marais et haut-marais, est caractérisée par un ensemble d'espèces turfigènes (sphaignes, laîches et linaigrettes notamment) qui se développent formant des marais gorgés d'eau à l'aspect tremblant, et amenant ensuite à la formation du haut-marais et de son bombement caractéristique.

Cette sous-association se distingue du *Caricetum fuscae tricophoretosum* par la présence de *Potentilla palustris* *, de *Menyanthes trifoliata* *, de *Caltha palustris* * ainsi que de *Carex diandra* *, une espèce rare et vulnérable dans le Jura et en Suisse selon la Liste Rouge (MOSER *et al.*, 2002). Elle contient également des espèces des *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* (comme *Swertia perennis Carex panicea, Parnassia palustris*, *Eriophorum angustifolium*, *Agrostis canina, Carex nigra, Viola palustris* et *Eriophorum vaginatum*), ainsi que des espèces des *Molinietaliata* (comme *Succisa pratensis, Briza media, Polygonum bistorta, Sanguisorba officinalis, Valeriana*

dioica, Geum rivale et *Filipendula ulmaria*). Ce milieu abrite également *Carex rostrata* ainsi qu'une espèce rare et vulnérable dans le Jura et en Suisse, *Hierochloe odorata* (MOSER *et al.*, 2002). Elle contient également quelques spécimens de *Salix caprea, Salix pentandra, Salix cinerea, Salix repens* ainsi que de *Betula pubsecens*.

Au niveau dynamique, ce milieu semble stable actuellement, bien qu'il puisse être menacé par l'eutrophisation et les eaux calcaires du pâturage tout proche, ainsi que par les nombreux drains creusés dans le passé plus au nord dans la même zone. De plus, la présence de quelques ligneux montre une possible évolution de ce milieu vers un boisement sur le long terme. Pour garantir la perénnité de ce milieu, il serait peut-être judicieux de boucher les nombreux drains creusés par le passé.

Figure 3.1.36 : **Caricetum fuscae comaretosum, *variante à* Carex diandra *présent à La Burtignière.***

Rhynchosporion W. KOCH 1926

L'alliance du *Rhynchosporion,* qui appartient à la classe des *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* et à l'ordre des *Scheuchzerietalia palustris*, est un groupement couvrant peu de surface, présent à l'intérieur d'un haut-marais. Ce groupement oligotrophile se développe sur des sols acides et est soumis aux eaux de la nappe affleurante du haut-marais ainsi qu'à des suintements. En dehors des sites d'étude, cette alliance est trouvée dans les hauts-marais des Vosges et du Jura (FERREZ *et al.*, 2011), comme aux Rousses, au Drugeon par exemple (ROYER *et al.*, 1979 ; GALLANDAT, 1982 ; GUYONNEAU, 2005 ; BAILLY *et al.*, 2007).

Uniquement un relevé à Chapelle-des-Bois appartient à cette alliance (Tableau 3.1.31 ; Figures 3.1.8, 3.1.13 et 3.1.37) et plus précisément à l'association du *Rhynchosporetum albae* W. KOCH 1926. Il est présent à l'intérieur d'un haut-marais de Chapelle-des-Bois. On en trouve également à l'intérieur des hauts-marais de Praz-Rodet et de La Burtignière, mais ces zones-là n'ont pas été échantillonnées dans cette étude (GALLANDAT, 1982).

Cette alliance est très sensible aux modifications du milieu, particulièrement à la colonisation forestière, à l'eutrophisation, ainsi qu'à un assèchement ou à l'atterrissement. Dans ce dernier cas, le milieu devient envahi par la végétation de landes (DELARZE & GONSETH, 2008).

Rhynchosporetum albae W. KOCH 1926

Cette association oligotrophile, acidophile et hygrophile, est composée de plusieurs petits milieux dont des buttes plus sèches et des petites gouilles inondées (Tableau 3.1.31 ; Figures 3.1.13 et 3.1.37). Elle possède une espèce caractéristique, ***Rhynchospora alba***. Cette espèce, rare et figurant sur la Liste Rouge (MOSER *et al.*, 2002 ; FERREZ, 2005), est présente dans les gouilles, et est accompagnée de *Carex rostrata* et d'autres espèces typiques de la classe des *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* (*Trichophorum cespitosum* et *Eriophorum angustifolium*). Sur les buttes plus sèches, on retrouve une végétation caractéristique supportant physiologiquement la sécheresse (avec *Eriophorum vaginatum*, *Andromeda polifolia*, *Calluna vulgaris*) ainsi que des sphaignes (GOBAT *et al.*, 2010). Ce milieu contient également des espèces carnivores du genre *Drosera*, avec notamment *Drosera intermedia,* une espèce en danger et figurant sur la Liste Rouge (MOSER *et al.*, 2002).

Au niveau dynamique, ce milieu semble stable et ne subit aucune menace particulière actuellement.

Tableau 3.1.31* : *Syntaxon appartenant à l'alliance du* Rhynchosporion *et présent sur le site d'étude de Chapelle-des-Bois. Détails avec le type de végétation (association en gras), le numéro du relevé ainsi que son groupe.

LIEU	VÉGÉTATION	N° RELEVÉ	GROUPE
Chapelle-des-Bois	***Rhynchosporetum albae***	1610	8

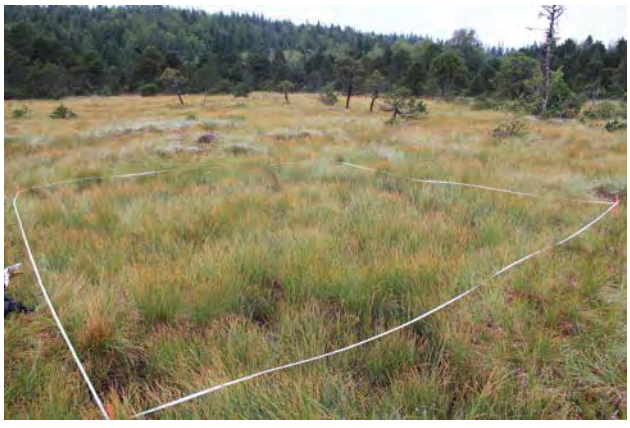


Figure 3.1.37 : **Rhynchosporetum albae *présent à Chapelle-des-Bois.***

Magnocaricion W. KOCH 1926

L'alliance du *Magnocaricion* fait partie de la classe des *Phragmitetea* (roselières et marais à hautes herbes présents le long de cours d'eau calmes ou de lacs), et de l'ordre des *Phragmitetalia*. Elle regroupe les marais à

grandes laîches, contenant très peu d'espèces. Cette magnocariçaie hygrophile, mésotrophe à eutrophe, est généralement dominée par une espèce de *Carex* (DELARZE & GONSETH, 2008), qui peut soit prendre la forme de touradons (ce qui est le cas pour *Carex paniculata*, de *Carex elata* ou de *Carex appropinquata*) soit former un tapis dense et haut (ce qui est le cas pour *Carex acuta*, *Carex acutiformis* ou *Carex rostrata*). Elle apparaît dans des zones humides atterries riches en matière organique, mais est également présente en bordure de roselière, de lacs ou d'autres cours d'eau. Au niveau hydrique, ces milieux sont alimentés par des eaux de crues, de ruissellement ou de suintement, qui peuvent parfois être riches en nutriments et en cations basiques.

En ce qui concerne sa localisation sur les sites d'étude, cette alliance est présente uniquement sur le site de La Burtignière et regroupe 3% des relevés (Figures 3.1.7, 3.1.8 et 3.1.11). Ces derniers appartiennent à deux associations (Tableau 3.1.32) :

- *Caricetum rostratae* RÜB. 1912 (La Burtignière, 2 relevés) ;
- *Caricetum acutiformis* EGGLER 1933 (La Burtignière, 1 relevé).

Tableau 3.1.32* : *Syntaxons appartenant à l'alliance du* Magnocaricion *et présents sur le site d'étude de la Burtignière. Détails avec le type de végétation (association en gras), les numéros des relevés ainsi que leur groupe.

LIEU	VÉGÉTATION	N° RELEVÉ	GROUPE
Burtignière	***Caricetum rostratae***	1565, 1644	8
	Caricetum acutiformis	1570	9

Sur ce site, cette alliance est principalement présente en mosaïque avec l'alliance du *Filipendulion*, et est principalement située à proximité des tourbières de Praz-Rodet, de La Burtignière et du Carre (Tableau 3.1.32 ; Figure 3.1.11). En dehors des sites d'étude, cette alliance est également trouvée dans les massifs jurassien et vosgien (GUYONNEAU *et al.*, 2008 ; FERREZ *et al.*, 2011), ainsi que dans la Saône et dans la Bresse (FERREZ *et al.*, 2011), et est très abondante au bord du lac de Neuchâtel, dans la zone de la Grande Cariçaie (DELARZE & GONSETH, 2008).
De manière générale, cette alliance est sensible à l'assèchement et à l'abandon des pratiques agricoles ainsi qu'à leur intensification (DELARZE & GONSETH, 2008), même si beaucoup de surface présentes au bord de l'eau sont indépendantes des pratiques agricoles.

Caricetum rostratae RÜB. 1912

Cette association plutôt acidophile et moins riche en nutriments que le *Caricetum acutiformis*, est présente sur le site de la Burtignière dans des dépressions en bordure de *Calthion* (pâturage) et de tourbière, et plus précisément entre le pâturage et le bas-marais acidophile du *Caricion fuscae*. Elle est caractérisée par ***Carex rostrata*** (Tableau 3.1.32 ; Figures 3.1.11 et 3.1.38). D'autres espèces, dont une espèce rare en danger d'extinction en Suisse, *Veronica scutellata* (MOSER *et al.*, 2002), sont également présentes comme :

- *Carex nigra*, *Carex flava*, *Carex panicea* et *Epilobium palustre* (classe des ***Scheuchzerio-Caricetea fuscae***) ;
- *Caltha palustris*, *Sanguisorba officinalis*, *Galium uliginosum*, *Valeriana dioica*, *Filipendula ulmaria*, *Polygonum bistorta*, *Galium palustre* et *Deschampsia cespitosa* (ordre des ***Molinietalia***) ;
- *Galium elongatum* et *Phalaris arundinacea* (alliance du ***Magnocaricion***) ;
- *Juncus effusus* et *Ranunculus repens* (alliance du ***Calthion***).

Récoltant les eaux provenant des pâturages, ce milieu joue un rôle primordial dans l'épuration des eaux et dans la protection des hauts-marais et des bas-marais situés à proximité. Au niveau dynamique, ce milieu semble stable actuellement et ne subit aucune menace particulière. Il ne contient pour l'instant aucune espèce ligneuse, et semble jouer son rôle d'épuration des eaux.

Figure 3.1.38 :* Caricetum rostratae *présent à La Burtignière.

Caricetum acutiformis EGGLER 1933

En contact avec l'*Aconito-Filipenduletum,* et situé en bordure de la tourbière de La Burtignière et d'un petit canal (Tableau 3.1.32 ; Figures 3.1.11 et 3.1.39), le relevé en question a été difficile à attribuer à une association en raison du trop faible nombre d'espèce qu'il contenait (3 espèces). Il se rapproche de l'association *Caricetum gracilis*, variante à *Carex acutiformis*, ceci bien qu'il ne contienne pas *Carex acuta* (= *C. gracilis*) et qu'il soit dominé par ***Carex acutiformis***.

Cette végétation nitratophile forme un tapis dense et presque pur, qui empêche la lumière d'arriver au sol et donc le développement d'une strate herbacée plus basse, mise à part deux autres espèces, *Scirpus sylvaticus* et *Equisetum palustre* (LEUTHOLD, 1996 ; Figure 3.1.39).

Récoltant les eaux provenant du pâturage situé au sud, ce milieu joue un rôle primordial dans l'épuration des eaux et dans la protection des hauts-marais et des bas-marais.
Au niveau dynamique, ce milieu semble stable actuellement et ne subit aucune menace particulière. Il ne contient pour l'instant aucun ligneux.

Figure 3.1.39 :* Caricetum acutiformis *présent à La Burtignière.

Alliarion OBERD. 1957

L'alliance de l'*Alliarion* regroupe les mégaphorbiaies humides ou ourlets nitratophiles et mésophiles de basses et moyennes altitude (FERREZ *et al.*, 2011).

Cette alliance, uniquement échantillonnée dans cette étude sur le site du Sentier, est située en bordure du lac de Joux, et plus précisément entre un pâturage et la forêt alluviale (Tableau 3.1.33 ; Figures 3.1.8 et 3.1.12). Elle apparaît donc dans une zone plutôt riche en nutriments et pouvant s'assécher selon les saisons, en bordure d'une saulaie et en contact avec une pseudo-roselière (DELARZE & GONSETH, 2008). Cette alliance regroupe 2% des relevés, soit 2 relevés au total (Figure 3.1.7).
En dehors du site du Sentier, cette alliance est également trouvée à basse et moyenne altitude dans le Jura calcaire en bordure de haies (FERREZ *et al.*, 2011).

Un groupement, inventé ici car impossible à classer dans une association figurant dans la littérature, est présent, composé majoritairement de *Galeopsis tetrahit* et de graminées (Tableau 3.1.33).

Cette alliance est principalement menacée par les espèces exotiques, ainsi que par l'assèchement (DELARZE & GONSETH, 2008).

Groupement à Galeopsis tetrahit et graminées

Les relevés appartenant à l'alliance *Alliarion* et contenant 14 espèces en moyenne, ont été difficiles à classer. Cependant, ils sont caractérisés par une dominance de hautes dicotylédones comme *Galeopsis tetrahit, Urtica dioica, Galium aparine, Cirsium rivulare* et *Silene dioica*, ainsi que par des graminées telles que *Alopecurus pratensis, Dactylis glomerata, Festuca rubra* aggr., *Poa pratensis, Agropyron repens, Festuca pratensis* s.str. et *Deschampsia cespitosa* (Figure 3.1.40). On y rencontre également quelques *Cirsium oleraceum, Rumex acetosa* et *Polygonum bistorta*, qui montrent le contact avec le *Calthion* tout proche. Ce milieu est donc caractérisé par une sécheresse saisonnière, notamment en été, ainsi que par un apport assez important en nutriments provenant du pâturage.

Tableau 3.1.33* : *Syntaxon appartenant à l'alliance de l'*Alliarion *et présent sur le site du Sentier. Détails avec le type de végétation (groupement en gras), le numéro du relevé ainsi que son groupe.

LIEU	VÉGÉTATION	N° RELEVÉ	GROUPE
Le Sentier	**Groupement à *Galeopsis tetrahit* et graminées**	1659, 1660	5

Au niveau dynamique, ce milieu semble stable et ne subit actuellement aucune menace particulière.

Figure 3.1.40 :* Alliarion *présent au Sentier, avec le Groupement à* Galeopsis tetrahit *et graminées.

3.1.5 Synthèse et points soulevés par cette étude

Résumé des milieux présents

Cette section 3.1, qui avait pour objectif d'identifier et de décrire les milieux végétaux présents dans les sites sélectionnés du Haut-Jura, a permis de mettre en évidence un nombre important de syntaxons différents comportant chacun des spécificités écologiques et floristiques. En effet, cette région contient de vastes zones dédiées à l'agriculture, comme les pâturages et prés de fauche (classe des *Molinio-Arrhenatheretea*), ainsi que des forêts. Cependant, ce paysage contient également de grandes surfaces de zones humides, comme les bas-marais (*Caricion davallianae* et *Caricion fuscae*), les hauts-marais, les marais de transition (*Rhynchosporion*), les prairies humides (*Molinion, Calthion* et *Filipendulion*), ainsi que les magnocariçaies (*Magnocaricion*) et les ourlets nitratophiles humides (*Alliarion*), ainsi que d'autres milieux non échantillonnés dans cette étude.

Les **bas-marais** sont riches en diversité, et contiennent des plantes rares et protégées.

Les bas-marais acidophiles (*Caricion fuscae*) sont peu présents dans le Jura, seulement en bordure des hauts-marais dans les zones de suintements acides. Le *Caricetum fuscae trichophoretosum* est la sous-

association la plus acidophile, alors que le Car*icetum fuscae comaretosum* contient des espèces basophiles, et peut être assimilée également à un début de *Caricion lasiocarpae* ou de marais de transition.

Les bas-marais neutro-alcalins (*Caricion davallianae*) sont plus abondants dans le Jura et sont situés dans des zones où l'eau (de suintements ou lac) et le sous-sol sont riches en carbonates. L'association du *Primulo-Schoenetum*, présente sur de la craie lacustre, est typique du Sentier au bord du lac de Joux.

Les **marais de transition** de type *Rhynchosporion* sont peu fréquents et occupent très peu de surface, localisés dans les gouilles plus ou moins acidophiles des hauts-marais.

Les **prairies humides** regroupent les alliances du *Molinion*, du *Calthion* et du *Filipendulion*.

Le *Molinion*, prairie non amendée à humidité variable, est trouvé à Chapelle-des-Bois sur des cordons morainiques ou en pente, avec la sous-association typique du *Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*, riche en espèces. Cette association est également présente au Sentier, dans les mêmes situations topographiques, avec la sous-association typique du *Trollio-Molinietum silaetosum*, située en contact avec le *Primulo-Schoenetum.* Cette alliance contient donc beaucoup d'espèces hygrophiles, ainsi que beaucoup d'espèces un peu plus méso- voire xérophiles comme certaines graminées ou autres espèces thermophiles.

Le *Calthion* contient les prairies inondables (*Trollio-Cirsietum*) et les pâturages piétinés et détrempés (*Cirsio-Juncetum,* Groupement à *Juncus inflexus*, et Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpinoarticulatus*). Dans l'association du *Trollio-Cirsietum*, le *Trollio-Cirsietum colchicetosum* est caractérisé par des conditions qui sont les plus sèches de l'association, alors que le *Trollio-Cirsietum potentilletosum*, plus humide, correspond à une transition entre un bas-marais et les milieux plus eutrophes. Ce dernier peut donc provenir d'un bas-marais dégradé, eutrophisé non pas par la pâture mais par l'accumulation de la litière et le dépôt de nutriments (GALLANDAT, 1982). Dans l'association du *Cirsio-Juncetum*, la sous-association *Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae* contient des espèces de bas-marais ainsi que des espèces du *Calthion* pâturées et piétinées. Elle peut donc provenir d'un bas-marais dégradé par de la surpâture (GALLANDAT, 1982).

Le *Filipendulion* représente les groupements végétaux à hautes herbes très riches en nutriments.
L'*Aconito-Filipenduletum* est l'association la plus présente dans l'ensemble des sites étudiés. La sous-association *Aconito-Filipenduletum typicum* est présente en bordure de l'Orbe sur le site de La Burtignière, avec notamment la variante à *Calamagrostis canescens* et *Hierochloe odorata* à proximité de la zone de Praz-Rodet. La sous-association *Aconito-Filipenduletum polemonietosum,* présente en bordure de l'Orbe et du pâturage dans une zone atterrie, est composée de touradons de *Carex elata* et de *Carex paniculata*. La sous-association *Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae* est le groupement le plus nitratophile de l'association, avec la présence de nombreux touradons de *Carex paniculata* en bordure de ruisseaux riches en nutriments provenant des pâturages situés à proximité. La sous-association *Aconito-Filipenduletum succisetosum,* qui est la plus pauvre en nutriments de l'association, contient des espèces de bas-marais et de prairies eutrophes. Elle peut être issue de l'évolution des bas-marais dégradés et eutrophisés (GALLANDAT, 1982). L'*Aconito-Chaerophylletum* est présent uniquement dans la Combe des Mines, dans une zone tourbeuse forestière surplombant les tourbières de La Burtignière et du Carre composée de nombreuses espèces forestières ainsi que d'espèces hygrophiles, méso- voire xérophiles et nitratophiles.

Les **marais à grandes laîches**, pauvres en espèces, sont présents à La Burtignière sous la forme de grands peuplements denses et presque purs d'un seul *Carex*. L'association *Caricetum rostratae* est située, comme épurateur d'eau, entre un pâturage et un bas-marais. L'association *Caricetum acutiformis*, très eutrophe, est située dans une zone proche d'un petit ruisseau riche en matière organique pouvant avoir de petites crues, en contact avec l'*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*.

Les **ourlets nitratophiles**, avec l'alliance de l'*Alliarion* sont également présents, au Sentier, en bordure de pâturage et de saulaie. Cette alliance correspond à un groupement pouvant s'assécher en été, avec une grande abondance de graminées de prairies de fauche.

Diversité et spécificités des sites d'étude en types de végétation

Les trois sites étudiés contiennent une grande diversité de milieux. De plus, des spécificités de types de végétation ont également été trouvées sur les sites étudiés.

Il est tout d'abord important de préciser que la diversité observée des milieux dans les sites d'étude peut être due à un effet d'échantillonnage dès le départ. En effet, des milieux semblent être présents dans d'autres sites, alors qu'ils n'ont pas été échantillonnés. Cependant, comme l'échantillonnage a été fait au départ sur une diversité équilibrée de type de végétation (relevés sélectionnés au hasard dans l'ensemble des trois sites d'étude, et appartenant à cinq alliances), cette part n'est donc pas majoritaire. Les résultats de cette étude sont donc représentatifs des types de végétation présents dans les sites d'étude.

Le régime hydrique ainsi que les nutriments et le pH semblent être les facteurs permettant d'expliquer cette diversité ainsi que la différenciation des milieux étudiés et la spécificité végétale observées des sites d'étude. Ces résultats concordent avec ceux obtenus dans les mêmes sites par GALLANDAT (1982) et MAIRE (2013) (cf. Figure 1.15 dans le chapitre 1). De façon très schématique, ces

milieux sont répartis comme ceci : autour des hauts-marais oligotrophes et très humides se trouvent les bas-marais acidophiles puis neutro-alcalins. Ceux-ci sont ensuite suivis par les prairies humides, qui sont ensuite entourées de pâturages puis de forêts. Ainsi, les zones humides autour de tourbières sont réparties dans un payage selon la répartition de ces conditions écologiques : leur position dans le paysage ainsi qu'une diversité paysagère au niveau de ces facteurs (par exemple, avec des conditions hydrologiques diversifiées) influencent donc la formation, le fonctionnement mais également la diversité de ces zones humides en milieux végétaux. Le constat est par ailleurs le même dans d'autres zones humides, comme les millieux alluviaux (AUSTIN & ASLAN, 2001 ; BULLINGER-WEBER, 2007), ainsi que dans des zones humides présentes dans d'autres pays, comme en France (GUYONNEAU, 2005 ; BAILLY *et al.*, 2007 ; BAILLY, 2008) ou au Danemark (BAATTRUP-PEDERSEN *et al.*, 2011).

Parmi les facteurs influençant le régime hydrique, les nutriments et le pH, on peut citer : (1) les pâturages situés à proximité influencent grandement la répartition ainsi que la caractérisation des milieux, grâce aux nutriments qu'ils apportent. (2) De plus, le substrat géologique, de par sa nature, sa minéralogie et sa chimie (exemple porosité, présence de carbonates), joue également un rôle sur l'intensité d'engorgement, ainsi que le pH (WILDING & REHAGE, 1985). Ceci est particulièrement vrai sur le site du Sentier qui est principalement présent sur de la craie lacustre carbonatée et poreuse, ainsi que sur le site de Chapelle-des-Bois qui est présent sur du substrat morainique avec une assez importante porosité. (3) La géomorphologie a également une influence primordiale sur l'intensité d'engorgement : en effet, la présence de cuvettes, de pente et de zones plates permet un engorgement différent et donc la formation de milieux variés (WILDING & REHAGE, 1985). (4) La présence de ruisseaux, de lacs, de rivières ainsi que de hauts-marais a également une importance sur l'engorgement et le pH grâce à leurs nappes et donc sur la répartition des milieux (BAATTRUP-PEDERSEN *et al.*, 2011).

Les sites du Sentier et de Chapelle-des-Bois, moins diversifiés en terme de substrats géologiques (en particulier un substrat plus poreux composé respectivement de craie lacustre et de moraine de fond) et plus homogène au niveau de la topographie (respectivement assez plat et possédant beaucoup de zones en pente), montrent ainsi une présence importante de milieux à humidité variable de type *Molinion*.
Sur le site du Sentier, les substrats carbonatés permettent la formation de milieux caractérisés par des conditions plutôt basiques. Par ailleurs, la porosité de la craie lacustre permet le développement de milieux à humidité variable, comme le *Molinion*, et plus précisément d'une sous-association particulière, le *Trollio-Molinietum silaetosum.* Le *Primulo-Schonetum* est typique également de ce site, puisque comme le disent GALLANDAT (1982) et FERREZ *et al.* (2011), ce milieu est caractéristique de substrats composés de craie lacustre et de dépôts fluvio-glaciaires. Ces milieux sont principalement influencés par le lac de Joux et ses nappes. Les bas-marais sont situés assez près du lac, et les milieux plus eutrophes sont situés en périphérie des bas-marais à proximité des prairies fauchées et pâturées du *Calthion*.
A Chapelle-des-Bois, la topographie homogène majoritairement composée de pentes ainsi que le substrat morainique caillouteux et donc assez poreux, permettent le développement de milieux à humidité variable comme le *Molinion*, et plus précisément du *Trollio-Molinietum*, ce qui explique la présence majoritaire de ce milieu sur ce site. Par ailleurs, le mésoclimat particulier de vallée froide régnant sur cette combe, permet la croissance de plantes typiques et subalpines, amenant la formation d'un milieu spécifique, la sous-association du *Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis.* Ce type de prairie est connu pour être soumis à des assèchements saisonniers ainsi que pour être bien présent dans quelques parties du Haut-Jura, comme le Drugeon et la combe de Bellefontaine (FERREZ, 2006 ; FERREZ *et al.*, 2011 ; MAIRE, 2013).
A La Burtignière, le substrat géologique ainsi que les topographies variées, l'Orbe et ses méandres ainsi que les nombreux pâturages présents, ont une grande influence sur la répartition des milieux sur ce site. Les zones de méandres abritent des milieux typiques du *Filipendulion*, comme la variante à *Calamagrostis canescens* de l'*Aconito-Filipenduletum typicum.* L'*Aconito-Filipenduletum* est par ailleurs connu pour être un milieu primaire très fréquent et recouvrant de grandes surfaces en bordure de ruisseaux ou d'autres cours d'eau (FERREZ *et al.*, 2011). Les nombreux petits ruisseaux reliant les pâturages à l'Orbe en passant par les bas- et hauts-marais abritent également des milieux eutrophes de type *Filipendulion*. En outre, cette alliance est présente comme zone tampon entre les pâturages et les autres milieux humides (tourbeux ou non). Toutes ces raisons expliquent la présence majoritaire de cette alliance sur ce site. De plus, la présence abondante du *Caricion fuscae* observée sur ce site comparé aux deux autres sites d'étude peut être mise en relation avec la grande proportion de hauts-marais couvrant le site de La Burtignière. Cependant, comme GALLANDAT (1982) l'avait cartographié en 1977, cette alliance est également présente sur le site de Chapelle-des-Bois, confinée en mosaïque avec les hauts-marais et les bas-marais neutro-alcalins sur de très petites surfaces : ces zones ont malheureusement été éliminées lors de l'échantillonnage aléatoire.

Méthode de groupement

De manière générale, dans un groupement, les relevés d'un groupe devraient tous appartenir à un même syntaxon, ceci car ils possèdent beaucoup d'espèces en commun. De plus, un groupement supplémentaire au sein du groupe précédemment identifié donne le syntaxon du rang inférieur. Or ici, ce n'est pas du tout le cas : un groupe contient divers syntaxons et ces derniers sont très dispersés. En effet, le diagnostic de la végétation combine

deux classifications, une dite extensive qui est basée sur la ressemblance des relevés, et une autre dite intensive qui se base sur les critères d'assignement. Un test de Fisher permettrait probablement de déclarer statistiquement si ces deux classifications sont liées ou non et donc confirmer ou non cette variabilité intra-groupes.
Plusieurs causes peuvent expliquer cette dispersion de syntaxons entre et dans un groupe :
(1) Ceci peut signifier que le groupement n'arrive pas à distinguer les différents milieux (méthode utilisée et critères retenus pas assez puissants ou pertinents en ce qui concerne la transformation des recouvrements, le choix de la mesure de distance, le choix du nombre idéal de groupes), car ces derniers sont composés d'un ensemble d'espèces communes. Ainsi, cela peut confirmer ce que GALLANDAT (1982) disait à propos de ces milieux : ces derniers sont donc liés entre eux de façon dynamique, fonctionnel et typologique.
(2) La typologie originale utilisée ici peut également être inadéquate pour classer la végétation actuelle. Les syntaxons définis à l'époque par GALLANDAT (1982) par des méthodes numériques ne sont peut-être pas si homogènes que cela à la base. Il est important de préciser que les méthodes numériques faisaient partie à l'époque de techniques nouvelles et étaient donc encore très peu utilisées (Jean-Daniel Gallandat a été le premier en Suisse à utiliser ces méthodes).
(3) Le diagnostic de la végétation a été fait sur un consensus entre des sources peut-être incompatibles. En effet, il y a des problèmes de compatibilité et de correspondance entre les unités phytosociologiques et les référentiels existants, mais aussi entre les référentiels nationaux et internationaux, ce qui fait qu'aucun consensus n'est actuellement en vigueur dans les milieux humides (cf. paragraphe 2.3.3).

De nouvelles techniques de classifications de la végétation plus pertinentes que celle utilisée ici existent actuellement, et peuvent probablement minimiser les problèmes soulevés : les classifications supervisées ou semi-supervisées. En effet, dans les classifications supervisées, les relevés sont affectés directement à une typologie de référence déjà établie. La classification semi-supervisée est un intermédiaire entre les classifications non-supervisées et supervisées : une nouvelle classification contrainte par une typologie de référence est construite (DE CÁCERES *et al.,* 2010 ; TICHÝ *et al.*, 2014). Cette dernière méthode a été démontrée comme étant très pertinente et informative avec des données de végétation provenant de forêts (TICHÝ *et al.*, 2014). Elle ne peut donc qu'être judicieuse ici dans le cas de végétation de marais : elle permettrait en effet d'identifier et d'assigner des relevés à des types de végétation existantes dans la zone, mais également d'identifier de nouveaux types de végétation non connus dans cette même zone. Cette classification pourrait ensuite être utilisée dans d'autres zones voisines contenant des milieux semblables et/ou différents.

Modifications de végétation

Les alliances du *Rhynchosporion*, du *Magnocaricion* et de *l'Alliarion* détectées dans cette étude peuvent être surprenantes puisqu'elles ne font pas partie de ces cinq syntaxons sélectionnés au début (*Caricion davallianae*, *Caricion fuscae*, *Molinion*, *Calthion* et *Filipendulion* ; cf. paragraphe 3.1.2, « Acquisition des données » ; cf. paragraphe 2.2.2). Comme cette étude a été basée sur un échantillonnage des milieux présents dans les années 1970, au temps de GALLANDAT (1982), la présence de ces trois nouvelles alliances indiquent que quelques relevés présents sur les sites d'étude ont changé. Ces changements de végétation seront plus amplement étudiés au chapitre 4 dans l'approche diachronique.

3.1.6 Conclusion

En plus d'améliorer les connaissances sur les milieux présents dans les zones humides du Haut-Jura, cette étude a permis de démontrer que l'ensemble des trois sites étudiés, de surface restreinte, contient différents types de végétation, avec notamment quelques espèces rares et protégées, qui se distinguent les uns des autres par le taux de nutriments, par le régime hydrique ainsi que par la présence de pâturages à proximité. Des différences fines de végétation ont effectivement été détectées entre les trois sites étudiés sur la base de la géologie et de la géomorphologie. Or, dans un tel contexte de milieux soumis au facteur « eau », on pourrait s'attendre à ce que cette influence de l'eau gomme les autres facteurs, ce qui n'a pas été le cas ici.

De plus, ces milieux sont tous interconnectés dynamiquement et fonctionnellement, permettant ainsi le maintien de la diversité fonctionnelle et biologique dans le paysage (GALLANDAT, 1982). Ainsi, même si cela ne l'a pas été démontré dans cette étude, on peut logiquement supposer qu'une quelconque modification (anthropique ou non) de l'un de ces milieux peut avoir de fâcheuses conséquences sur la biodiversité ainsi que le maintien des autres milieux. Cependant, une chose est sûre : l'étude de la végétation apporte de nouvelles connaissances sur les milieux (descriptions), mais permet également d'identifier de possibles changements de dynamique sur la base de la composition floristique ainsi que des liens entre divers milieux. En ce qui concerne plus particulièrement les sites étudiés, la dynamique actuelle de quelques milieux prospectés semble se modifier (menaces d'embroussaillement, menaces d'eutrophisation, etc). Ainsi, lors de prise de mesures de protection par exemple, il est donc nécessaire de veiller à la spécificité, au fonctionnement ainsi qu'à la dynamique de chaque milieu.

3.2 Description des sols

3.2.1 Introduction

Les sols recouvrent la majeure partie des terres présentes sur le Globe. Ils sont constitués d'un ensemble d'éléments (matière minérale, matière organique, faune, eau, air, etc.) qui interagissent entre eux par des processus biologiques, physiques ou chimiques. Dans les zones humides, l'eau est l'élément principal qui détermine le fonctionnement du sol, ainsi que, dans une certaine mesure, sa nature (COWARDIN *et al.*, 1979). Le type de sol qui en résulte, qualifié de sol hydromorphe, présente ainsi des caractéristiques particulières liées à une saturation d'eau (BAIZE & GIRARD, 2009). Cette eau peut être présente dans le sol pendant des durées différentes, allant de périodes temporaires à permanentes. De plus, cette abondante présence d'eau – provenant des précipitations, de ruissellement ou alors de remontée de nappe profonde – a des répercussions inévitables sur l'activité biologique ainsi que sur les processus chimiques présents dans le sol (BAIZE & GIRARD, 2009). En effet, dans ces conditions, l'eau sature alors tous les pores du sol, limitant les échanges gazeux entre le sol et l'atmosphère (GOBAT *et al.*, 2010). Le manque d'oxygène qui en résulte réduit et modifie par conséquent la présence et l'activité de la faune et de la microflore, et donc la décomposition de la matière organique (BAIZE & GIRARD, 2009 ; GOBAT *et al.*, 2010). Une microflore anaérobie s'y installe et engendre des réactions d'oxydo-réduction et/ou de fermentation, ce qui a pour conséquence d'influencer la répartition d'éléments dans le sol (comme le fer) et/ou de produire des gaz tels que le méthane (BAIZE & GIRARD, 2009).

Selon le *Référentiel Pédologique* (BAIZE & GIRARD, 2009), trois types de sols hydromorphes existent et diffèrent selon l'origine et la durée de cette saturation en eau, ainsi que selon l'importance des conséquences que cette dernière engendre :

- les sols organo-minéraux et minéraux dans lesquels les processus d'oxydo-réduction sont importants et modifient la redistribution du fer (réduction du fer = mobilisation ; oxydation du fer = immobilisation ; BAIZE & GIRARD, 2009), comme les **réductisols** et les **RÉDOXISOLS** (GOBAT & HAVLICEK, 1996 ; BAIZE & GIRARD, 2009) ;
- les sols organiques tourbeux dans lesquels l'eau et d'autres conditions (végétation et acidité) jouent un rôle primordial dans la décomposition des matières organiques (BAIZE & GIRARD, 2009). Ces sols sont des **histosols**.

Les **réductisols** ainsi que les **RÉDOXISOLS** sont des sols minéraux qui se distinguent selon le type de nappe d'eau ainsi que le type de répartition du fer, ce qui se traduit par des horizons différents (G ou g).
Les **réductisols** sont caractérisés par des horizons réductiques (G) typiques d'une nappe permanente, qui peut fluctuer selon les saisons. Dans ces horizons, la répartition du fer est homogène et les taches d'oxydation ne sont présentes que périodiquement selon l'état de saturation du sol. Lorsque la nappe sature complètement et de façon permanente l'horizon, ce dernier (Gr) prend une couleur uniforme bleuâtre à verdâtre, caractéristique du fer réduit (fer mobilisé, Fe(II)). Au contraire, lorsque cette nappe permanente s'abaisse temporairement (par exemple en cas de battement fugace), cet horizon se réoxyde au contact de l'air, ce qui permet au fer de se redistribuer et de s'immobiliser (Fe(III)) dans l'horizon. Des taches de fer oxydé (couleur rouille) apparaissent alors dans la porosité (BAIZE & GIRARD, 2009), formant un horizon Go (**horizon réductique temporairement réoxydé)** (GOBAT & HAVLICEK, 1996 ; BAIZE & GIRARD, 2009). Ces taches d'oxydation temporaire disparaissent dès que la nappe remonte.
Quant à eux, les **RÉDOXISOLS** sont caractérisés par des horizons rédoxiques (g ou -g) typiques d'une nappe temporaire. Dans ces horizons, cet engorgement est momentané et typique de nappes fugaces (GOBAT & HAVLICEK, 1996 ; BAIZE & GIRARD, 2009). La répartition du fer y est hétérogène. Des marbrures (alternances de plages enrichies en fer réduit et en fer oxydé) apparaissent durant les périodes de saturation puis de non-saturation en eau, et sont visibles de façon permanente dans l'horizon (BAIZE & GIRARD, 2009).

Les **histosols** sont des sols très riches en matière organique et dans lesquels la saturation en eau est présente pendant plus de six mois par an. L'anoxie qui en résulte ralentit ou empêche la décomposition des matières organiques. A l'inverse, une réoxydation du sol augmente la présence de la faune et son activité et donc la dégradation des matières organiques. Ainsi, si les conditions sont extrêmement saturées en eau, anoxiques et froides, la matière organique ne peut pas se décomposer. Par conséquent, la végétation turfigène située en surface s'accumule, ce qui permet la formation de tourbe et par conséquent d'**horizons H** (histiques), typiques des milieux tourbeux (GOBAT & HAVLICEK, 1996). Un feedback positif s'installe alors entre la végétation en surface et l'acidité de ces horizons. En effet, ces derniers, par l'acidité qu'ils renferment, ne permettent le développement que d'une flore spécialisée et adaptée à ces conditions extrêmes, ce qui permet ensuite de garantir la formation de tourbe si les conditions d'humidité ne sont pas modifiées.
Ces sols tourbeux ont une autre caractéristique, celle d'être des sols de mémoire. En effet, la tourbe est un important indicateur des conditions environnementales passées et des perturbations humaines (BARBER, 1993). Des interventions humaines comme le drainage peuvent par exemple y être détectées.

Des études scientifiques mettant en évidence ces sols sont nombreuses et ont notamment été conduites dans des milieux hydromorphes (DUNN & STEARNS, 1987 ; SCOTT *et al.*, 1989 ; BRIDGHAM *et al.*, 1991 ; KOERSELMAN *et*

al., 1993 ; ZEITZ & VELTY, 2002) ou dans des zones alluviales (BULLINGER-WEBER, 2007 ; SALOMÉ, 2011 ; WIDMER, 2013). Dans le Haut-Jura, qui comprend la région qui nous intéresse dans cette étude à savoir la Vallée de Joux en Suisse et Chapelle-des-Bois en France (cf. paragraphe 3.2.2, « Sites étudiés »), des études de sols ont été effectuées dans les zones humides qu'il contient (GAIFFE, 1978 ; GOBAT, 1984) mais également dans d'autres milieux (BRUCKERT & GAIFFE, 1980, 1990 ; MICHALET, 1982 ; GAIFFE & BRUCKERT, 1985 ; MICHALET & BRUCKERT, 1986 ; GAIFFE, 1987 ; HAVLICEK, 1999), mettant en évidence que les écosystèmes du Haut-Jura sont plus ou moins dépendants des roches calcaires et de leurs propriétés. Des connaissances existent donc déjà sur sols du Haut-Jura. Cependant, en ce qui concerne les milieux humides, mis à part la thèse de GOBAT (1984) réalisée dans une portion restreinte de la Vallée de Joux, l'étude de GAIFFE (1978) est la seule étude pédologique ciblée sur quelques écosystèmes du Haut-Jura. Ainsi, aucune étude précise n'existe sur les sols présents dans les milieux humides répartis dans un espace comprenant la Vallée de Joux ainsi que la combe de Chapelle-des-Bois en France.

Le but de cette section est d'identifier et de décrire, selon l'échantillonnage mis en place, les différents types de sols présents dans quelques marais du Haut-Jura. Les informations obtenues seront ensuite utilisées plus tard à la section 3.4 pour comprendre les relations écosystémiques générales entre le sol, les formes d'humus et la végétation. Les trois sites étudiés, dont deux présents en Suisse et un site en France (cf. paragraphe 3.2.2 « Sites étudiés »), figurent dans plusieurs inventaires fédéraux pour la partie suisse (ORDONNANCE SUR LES HAUTS-MARAIS, 1991 ; ORDONNANCE SUR LES ZONES ALLUVIALES, 1992 ; ORDONNANCE SUR LES BAS-MARAIS, 1994 ; ORDONNANCE SUR LES SITES MARÉCAGEUX, 1996), ainsi que dans le réseau Natura 2000 pour la partie française (NATURA 2000, 1992). Ces sites humides sont reconnus pour être riches en biodiversité paysagère, animale et végétale. Cependant, aucune typologie générale de leurs sols n'a encore été établie. **Quels sont les sols présents dans les marais des sites étudiés ? Quelle est la diversité de ces sites ?** Compte tenu de la diversité du sous-sol géologique et celle du relief des sites étudiés, on peut supposer que la diversité des sols présents sur ces sites est assez grande.

Afin de répondre à ces questions, des sondages pédologiques ont été effectués en 2013 au centre des surfaces des relevés précédemment échantillonnés pour l'étude de la végétation (section 3.1), dans le but de décrire les différents types de sols rencontrés dans l'ensemble des sites étudiés.

3.2.2 Matériel et méthodes

Sites étudiés

Trois sites présents dans le Haut-Jura et localisés à environ 1000 m d'altitude sont étudiés : deux sont situés en Suisse et le troisième se trouve en France (Figure 3.2.1). Pour la partie suisse, les zones humides d'intérêt se trouvent dans la Vallée de Joux dans le canton de Vaud, et plus précisément à La Burtignière (Ouest de la Vallée de Joux) et au Sentier (embouchure de l'Orbe dans le lac de Joux). En France, ce sont les marais et tourbières de Chapelle-des-Bois qui sont étudiés (départements du Doubs et Jura en Franche-Comté).

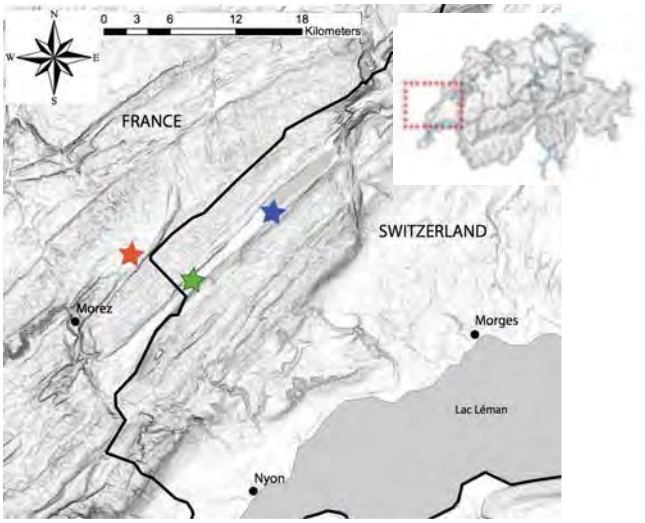


Figure 3.2.1 : Localisation des sites d'étude. En rouge, le site de Chapelle-des-Bois en France ; en bleu, le site du Sentier et en vert, le site de La Burtignière à la Vallée de Joux en Suisse. Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).

Le climat du Haut-Jura est caractérisé par de fortes pluies (1500 à 1800 mm de pluies par an) ainsi que par des températures assez basses (moyenne annuelle de 5 à 6°C) tout au long de l'année (GALLANDAT, 1982 ; BAILLY *et al.*, 2007).

Historiquement, la Vallée de Joux et le site de Chapelle-des-Bois, ainsi qu'une majorité du Jura suisse et français, ont été recouverts par la calotte glaciaire jurassienne durant la glaciation würmienne (70'000 – 20'000 ans av. J.-C.). Cette calotte, en se retirant lentement, a laissé derrière elle des buttes morainiques ainsi qu'un matériel peu perméable, qui, avec les conditions climatiques rigoureuses et pluvieuses, ont permis la formation de tourbières et de lacs glaciaires.

Géologiquement, les sites de La Burtignière et du Sentier sont situés dans un synclinal dont la séquence stratigraphique montre une succession de matériel calcaire du Jurassique et du Crétacé ainsi que de la molasse du Tertiaire et des dépôts glaciaires très bien préservés du Quaternaire (BICHET & CAMPY, 2009). C'est un bassin fermé au fond duquel coule l'Orbe, une rivière partant du lac des Rousses en France et – sous son nouveau nom de Thielle – se jetant dans l'Aar en Suisse en ayant passé par les lacs de Joux, de Neuchâtel et de Bienne.

Le site de Chapelle-des-Bois, à cheval sur deux départements (Jura et Doubs), se situe dans un anticlinal érodé (l'anticlinal du Risoux), et repose sur des marno-calcaires du Jurassique. Il comporte deux petits lacs

glaciaires, le lac des Mortes ainsi que le lac de Bellefontaine, posés dans une cuvette comblée par des dépôts glaciaires du Quaternaire (argiles notamment). Ce site est également considéré comme un bassin fermé de par la présence d'une moraine transversale au sud de ces lacs. De plus, ces deux petits lacs sont reliés par un ruisseau, le ruisseau des Mortes (BAILLY *et al.*, 2007).
Ces trois sites d'étude comportent ainsi une grande diversité de paysages et de milieux végétaux selon la topographie ou le matériel géologique.

Acquisition des données

L'échantillonnage des profils s'est fait à partir des relevés phytosociologiques de GALLANDAT (1982) (cf. section 2.2). Ceux-ci ont été relocalisés avec l'aide d'ArcGIS (ESRI, 2011) sur des photos aériennes actuelles et anciennes ainsi que sur les cartes phytosociologiques géoréférencées de GALLANDAT (1982) (Annexe A.1), grâce aux informations écrites et graphiques laissées par GALLANDAT (1982) dans ses cahiers de terrain ainsi que sur ses cartes phytosociologiques. Une fois les relevés

Tableau 3.2.1 : Liste des descripteurs prélevés sur le terrain, avec une explication pour chacun d'eux.

DESCRIPTEURS	EXPLICATION
Epaisseur des horizons (cm)	L'épaisseur de chaque horizon présent dans le profil a été calculée en fonction des profondeurs d'apparition des couches. Le symbole « & » signifie que l'horizon situé après le « & » est en poche ou en mosaïque dans l'horizon principal. Ainsi, l'épaisseur de l'horizon situé après le « & » a été fixée à 2 cm, en concordance avec tous les sondages effectués. Le symbole « - », signifie une transition entre deux horizons. Dans ce cas, l'épaisseur de chacun des deux horizons a été fixée à la moitié de l'épaisseur totale de ces deux horizons. Une épaisseur de 0 signifie l'absence de l'horizon en question.
Niveau d'humidité	Le niveau d'humidité au jour de la description a été estimé dans chaque horizon, selon une échelle spécialement créée : 0 = sec ; 1 = mouillé sans eau qui sort de la masse de sol ; 2 = eau sort lors d'une grande pression ; 3 = eau sort lors d'une petite pression ; 4 = dégouline d'eau.
Présence de carbonates (absence, décarbonaté ou carbonaté)	Dans chaque horizon, la présence et l'absence de carbonates a été attestée par l'effervescence à l'HCl 6M dans tous les horizons du profil. L'échelle d'effervescence à l'HCl est : 0 = pas de réaction ; 1 = faible réaction non visible mais audible, 2 = réaction faible visible ; 3 = réaction moyenne visible ; 4 = réaction forte visible (Annexe B.9.1). Trois cas sont possibles : a) Un horizon est carbonaté et suffixé « ca » en présence d'une effervescence à l'HCl de 2/4 à 4/4. b) Un horizon est décarbonaté mais calcique est suffixé « ci » si : - l'effervescence est de 1/4 (décarbonatation en cours) ; - l'effervescence est de 0/4 ET qu'un horizon carbonaté est présent directement (ou non) en dessous sans rupture minéralogique et/ou lithologique nette et apparente (dépôts de minéral par alluvionnement, colluvionnement ou autre). c) La présence d'un horizon ni carbonaté, ni calcique (donc sans suffixe) est attestée : - lorsque l'effervescence est de 0/4 ET qu'il n'y a pas d'horizon carbonaté en profondeur ; - lorsque l'effervescence est de 0/4 ET qu'il y a un horizon carbonaté présent directement (ou non) en dessous de l'horizon concerné ET qu'il y a présence de rupture minéralogique et/ou lithologique nette et apparente (apport de minéral).
Texture	La texture de chaque horizon a été estimée à la main, afin de détecter la présence d'argiles, de sables et de limons (exemple en Annexe B.9.1).
Indice de dégradation de von Post	Uniquement pour les horizons histiques (H). L'échelle de von Post va de 1 à 10 (1 : pas de décomposition ; 10 = décomposition totale) ; elle permet d'estimer la dégradation de la matière organique des horizons histiques selon des critères figurant dans l'Annexe B.9.7.
Structure	La structure de chaque horizon (quand cela est possible) a été estimée à la main. Pour les horizons organo-minéraux : micro-, méso-, macroagrégé ou massif, collant. Pour les horizons structuraux S : polyédrique ou subpolyédrique. Pour les horizons minéraux : particulaire ou massif (Annexe B.9.1).
Coordonnées	Coordonnées GPS (Garmin) de chaque sondage pédologique. La coordonnée a été prise à l'endroit de chaque sondage avec une précision de 3 m.
Pente	La pente de chaque emplacement pédologique a été mesurée grâce à la boussole.
Exposition	L'exposition de chaque emplacement a été mesurée grâce à la boussole en se mettant dos à la pente (Annexe A.5).
pH Hellige	Le pH de chaque horizon a été mesuré grâce au kit pH Hellige. Un peu de terre fine est mélangée à quelques gouttes de la solution liquide du kit. La couleur est ensuite comparée à l'échelle, ce qui fournit une estimation du pH.
Présence (1) ou absence (0) de faune, de mousses ou de mycélium	Dans chaque horizon, la présence ou l'absence de faune, de mousses ou de mycélium a été attestée.

géoréférencés sur ArcGIS, une première liste de 300 relevés, tous sites confondus, a été extraite, comportant notamment les coordonnées géographiques des relevés ainsi que l'alliance phytosociologique selon GALLANDAT (1982). De cette liste initiale, seuls les relevés propres à cinq alliances (*Caricion davallianae*, *Caricion fuscae*, *Molinion*, *Calthion* et *Filipendulion*), ayant une surface égale ou supérieure à 10 m^2 et possédant une information complète (dates, recouvrement, croquis pour faciliter la relocalisation), ont été conservés. Puis, un choix aléatoire dans R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, v. 3.0.2, 2013) d'environ 25 à 30 relevés a été fait pour chacune des cinq alliances phytosociologiques, avec la contrainte d'avoir au moins un relevé par association ou variante. Ainsi, une liste finale des relevés à revisiter en été 2012-2013 a été établie, et comportait pour chacun d'eux, les coordonnées géographiques, la surface, le recouvrement, et d'autres indications ou remarques de GALLANDAT (1982). Sur le terrain, quelques relevés ont été abandonnés généralement du fait d'un accès peu aisé. Ainsi, au total, 117 relevés anciens GALLANDAT (1982) ont été relocalisés et ré-échantillonnés en été 2012 et 2013 (69 à La Burtignière, 23 sur le site du Sentier et 25 à Chapelle-des-Bois). Le point exact de l'emplacement de chaque relevé a été établi grâce à un GPS Garmin (précision à 3 m). Un carré de 25 m^2 (5 x 5 m) a été tracé sur le sol à chaque emplacement, avec les coordonnées ciblées positionnées en bas à gauche du carré en fonction de l'orientation (cf. Annexe A.5). Au centre de la surface de chacun de ces carrés, un sondage pédologique (ou profil) a été effectué (cf. section 2.4) : tout d'abord, un trou de 20 cm de côté et d'environ 30 cm de profondeur a été creusé à l'aide d'une pelle américaine, puis à l'intérieur de ce trou, la tarière canal et/ou la tarière classique ont été utilisées pour continuer le sondage. Une fois la carotte ainsi que le carré de sol sortis et déposés sur le sol, les horizons pédologiques ont été délimités et décrits selon le *Référentiel Pédologique* (BAIZE & GIRARD, 2009). Une liste de différents paramètres a également été enregistrée directement sur le terrain (Tableau 3.2.1). Quelques-uns de ces paramètres ont été ensuite utilisés dans les statistiques (Tableau 3.2.2). La fiche employée pour la description des sols (et des formes d'humus) figure dans l'Annexe B.15.

Analyses de laboratoire

Lorsqu'il n'a pas été possible de donner un nom à un horizon pédologique sur le terrain, ou alors lorsqu'un doute subsistait sur un des paramètres de l'horizon (comme la texture ou le degré de décomposition des fibres d'un horizon tourbeux), un échantillon de ce dernier a été prélevé en vue d'analyses en laboratoire. Les échantillons prélevés ont été stockés quelques jours au réfrigérateur, puis congelés durant quelques mois afin d'éviter leur altération avant le travail de laboratoire. Avant les analyses, les échantillons ont été décongelés.

Ces analyses en laboratoire ont été ciblées selon les doutes inhérents au terrain sur l'horizon concerné. Ainsi, toutes les analyses n'ont pas été effectuées pour chaque horizon prélevé. Les résultats des analyses, à l'exception de la teneur en eau et de l'humidité résiduelle, figurent dans les différentes Annexes A.5 concernant les sondages (dans la dernière colonne du tableau de la rubrique sol et formes d'humus, sous la forme d'abréviations). Les analyses de laboratoire effectuées étaient :

- **la teneur en eau** : sa mesure a été faite sur tous les échantillons car elle sert à corriger les masses de sol utilisées lors des analyses (correspond à la différence de masse entre un sol frais et un sol séché à 105°C) ;
- **l'humidité résiduelle** : sa mesure a également été faite pour tous les échantillons, car elle sert également à corriger les masses de sol utilisées pour les analyses (correspond à la différence de masse entre un sol séché à 40°C et un sol séché à 105°C) ;
- la **perte au feu (PAF)** : sa mesure a été faite uniquement lors de doutes entre un horizon Hs et Hsl (> 50% de matière minérale), ou entre un H (> 50% de matière organique) et un A (< 30% de matière organique). Elle permet d'avoir une estimation de la quantité de matière organique dans un échantillon. En effet, cet échantillon, déposé dans un creuset en porcelaine, est brûlé par paliers à différentes températures pendant une journée. La fraction restante à la fin de la calcination est la matière minérale, et celle qui est partie est la matière organique. Tous les horizons, même ceux qui sont non tourbeux, ont été calcinés de la même façon, c'est-à-dire d'abord à 450°C, puis à 600°C (température conseillée pour calciner les tourbes) ;
- la **granulométrie organique (% de fibres)** : elle a été faite uniquement sur des horizons H lorsque le taux de fibres était douteux sur le terrain (hésitation entre Hf, Hm et Hs). L'échantillon passe grâce à un flux d'eau continu à travers trois tamis (2000 µm, 200 µm et 50 µm) empilés les uns sur les autres. Les fractions retenues dans les tamis de 2000 µm et de 200 µm, les fibres, permettent l'attribution du qualificatif « fibrique » (Hf, contient plus de 40 % de fibres), « mésique » (Hm, contient entre 40% et 10% de fibres) ou « saprique » (Hs, contient moins de 10% de fibres à l'horizon) (BAIZE & GIRARD, 2009) ;
- la **granulométrie minérale (texture)** : elle a été faite sur des horizons dont la texture (% d'argiles (< 2 µm), de limons (2 – 50 µm) et de sables (50 – 2000 µm)) estimée sur le terrain était douteuse ;
- le **carbone organique (Corg)** : son dosage a été fait uniquement pour confirmer ou non les résultats parfois « bizarres » de la perte au feu. Cette

analyse, effectuée ici par la méthode Anne, permet de distinguer les horizons organo-minéraux (An : 20-30% de carbone ; Ah < 8% de carbone ; BAIZE & GIRARD, 2009) ;

- **la capacité d'échange cationique (CEC)** : elle a été mesurée pour estimer, de manière globale, combien de cations basiques disponibles pour les plantes sont présents dans les horizons. On obtient la somme globale des cations basiques (S), l'acidité d'échange (AE), la capacité totale d'échange (T) et le taux de saturation (V=S/T). La méthode utilisée est celle de l'échange à l'acétate d'ammonium.

Selon les analyses, l'échantillon utilisé était soit (1) frais (perte au feu, teneur en eau, granulométrie organique), (2) séché (humidité résiduelle), (3) séché et tamisé à 2 mm (granulométrie minérale, CEC), ou (4) séché, tamisé et broyé (carbone organique). Tous les détails et les démarches sur ces analyses sont issus des protocoles du Laboratoire Sol & Végétation et figurent en Annexe B.9.

Nomenclature des sols

Chaque sol décrit a ensuite été attribué à une RÉFÉRENCE de sols selon le *Référentiel Pédologique* (BAIZE & GIRARD, 2009), en fonction des successions d'horizons présentes sur l'entier du profil. L'utilisation de qualificatifs a été nécessaire pour compléter et affiner leur description.

Le qualificatif « en surface » a été ajouté lorsque l'horizon apparaissait avant 40 cm de profondeur. Le qualificatif « de profondeur » a été ajouté lorsque l'horizon apparaissait entre 80 et 120 cm de profondeur.

Le qualificatif « leptique » a été ajouté lorsque l'horizon concerné ou le sol était moins épais que la RÉFÉRENCE habituelle, soit inférieur à 50 cm pour les réductisols (G < 50 cm), RÉDOXISOLS (g < 50 cm), et histosols (10 cm > H < 50 cm), ou soit inférieur à 35 cm pour les CALCOSOLS ou les CALCISOLS (A + S < 35 cm).

Le qualificatif « pachique » a été ajouté lorsque l'horizon concerné ou le sol était plus épais que la RÉFÉRENCE, soit supérieur à 35 cm pour un RENDISOL ou un RENDOSOL (A > 35 cm), ou soit supérieur à 80 cm pour un CALCOSOL ou un CALCISOL (A + S > 80 cm).

Le qualificatif « à horizon(s) A (g, Gr ou Go) humifère(s) » a été ajouté lorsqu'il y avait au moins un horizon Ah (gh, Grh ou Goh) présent. Le qualificatif « à horizon(s) A et g (ou G) humifères » a été ajouté lorsqu'il y avait au moins un horizon Ah et au moins un horizon gh (ou Grh ou Goh) présents.

Le qualificatif « à horizon réductique de profondeur » a été ajouté pour les RÉDOXISOLS qui avaient un horizon réductique (G) apparaissant entre 80 et 120 cm de profondeur. Le qualificatif « à horizon rédoxique de profondeur » a été ajouté dans les mêmes conditions pour les réductisols, c'est-à-dire lorsqu'un horizon rédoxique (g) apparaissait entre 80 et 120 cm de profondeur.

Le qualificatif « réductique » a été ajouté lorsque un horizon réductique (G) apparaissait dans un RÉDOXISOL entre 50 et 80 cm de profondeur (exemple : RÉDOXISOL réductique). Le qualificatif « rédoxique » a été ajouté lorsque un horizon rédoxique (g) apparaissait dans un réductisol entre 50 et 80 cm de profondeur (exemple : RÉDUCTISOL TYPIQUE rédoxique).

Le qualificatif « surrédoxique » a été ajouté pour les RÉDOXISOLS et les réductisols lorsque l'horizon rédoxique (g) apparaissait dans le profil avant 20 cm de profondeur.

Le qualificatif « à horizon histique fibrique (mésique ou saprique) » a été ajouté lorsqu'il y avait un horizon Hf (Hm ou Hs) présent dans un sol autre qu'un histosol.

Lors de rattachements doubles, les qualificatifs ont tous été regroupés à la fin, car un tel sol intermédiaire représente un mélange des deux RÉFÉRENCES.

Dans le cas des RÉDUCTISOLS TYPIQUES à horizon rédoxique et des RÉDOXISOLS rédoxiques, la limite est peu évidente du fait qu'ils possèdent tous un horizon réductique vers le fond du profil et un horizon rédoxique vers le haut, et apparaissant entre 50 et 80 cm de profondeur. C'est en fait l'horizon le plus épais et le plus important dans chaque profil concerné qui a permis de décider entre un sol plutôt que l'autre.

Dans les Annexes (Annexes A.5), la référence de la WRB (IUSS WORKING GROUP WRB, 2006) a également été ajoutée pour chaque sondage pédologique, avec également quelques qualificatifs. Cependant, cette référence ne sera pas utilisée dans cette étude et est présente uniquement en annexe.

En ce qui concerne plus particulièrement la notation des sols, ces dernières suivent les règles de nomenclature présentes dans le *Référentiel Pédologique* (BAIZE & GIRARD, 2009). Les sols suivant la RÉFÉRENCE sont écrits en PETITES CAPITALES (exemples : RÉDUCTISOL TYPIQUE, RÉDOXISOL, CALCOSOL), alors que les sols n'appartenant pas à une RÉFÉRENCE sont écrits en minuscule (exemples : réductisol, histosol) (cf. remarques générales avant le chapitre 1). De plus, la numérotation des différents sondages pédologiques figurant dans cette étude est la même que celle donnée par GALLANDAT (1982) pour ses relevés de végétation (cf. remarques générales avant le chapitre 1).

Analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, v. 3.0.2, 2013).

Des descripteurs pédologiques quantitatifs, qualitatifs et binaires provenant des données issues directement du terrain (cf. paragraphe 3.2.2, « Acquisition des données » ; Tableau 3.2.1) ont été utilisés pour grouper

Tableau 3.2.2 : Liste des descripteurs pédologiques utilisés lors des statistiques pour les sols. Ces descripteurs sont issus des descriptions de terrain. Pour les explications des descripteurs, voir le Tableau 3.2.1.

DESCRIPTEURS PÉDOLOGIQUES	SOL
Epaisseur des horizons (cm)	**Epaisseur des horizons A, H, Go, Gr et g.**
Niveau d'humidité (absence d'eau, peu d'eau, beaucoup d'eau)	Le niveau d'humidité ici du terrain a été simplifié en trois catégories (absence d'eau, peu d'eau et beaucoup d'eau). L'humidité moyenne du profil a été calculée grâce à l'échelle du terrain (0 = sec ; 1 = mouillé sans eau qui sort ; 2 = eau sort lors d'une grande pression ; 3 = eau sort lors d'une petite pression ; 4 = dégouline d'eau) : - absence d'eau (catégorie 0) ; - peu d'eau (catégories 1 et 2) ; - beaucoup d'eau (catégories 3 et 4). **Niveau d'humidité dans l'ensemble du profil (moyenne de tous les horizons).**
Présence de carbonates (absence, décarbonaté ou carbonaté)	L'échelle du terrain (0 = pas de réaction ; 1 = faible réaction non audible, 2 = réaction moyenne visible ; 3 = réaction moyenne visible et audible ; 4 = forte réaction) a été simplifiée en trois catégories (absence de carbonates, décarbonaté, carbonaté) : - absence de carbonates (catégorie 0) ; - décarbonaté « ci » (catégories 0 et 1) ; - carbonaté « ca » (catégories 2, 3 et 4). **Uniquement dans le premier horizon A ou H** (absence de carbonates, décarbonaté, carbonaté)
pH Hellige du premier horizon d'enracinement	**Uniquement le pH du premier horizon d'enracinement (premier horizon A ou H).**
Présence (1) ou absence (0) de traces de rupture minéralogique et ou lithologique (exemple : apport de minéral)	La présence de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique est attestée s'il y a eu, à un endroit quelconque du profil, un apport avéré de minéral. Cela peut par exemple être caractérisé par un horizon g ou A en dessus d'un horizon H.
Présence (1) ou absence (0) de traces de réduction	La présence de traces de réduction est attestée s'il y a dans le profil la présence d'horizon g, Ag, Sg, Ccag ou tout autre horizon comportant un –g, ou d'horizon Gr.
Présence (1) ou absence (0) de traces d'oxydation	La présence de traces d'oxydation est attestée s'il y a dans le profil la présence d'horizon g, Ag, Sg, Ccag ou tout autre horizon comportant un –g, un horizon Go ou tout autre traces de rouilles présentes dans le profil.
Profondeur totale du profil (cm)	La profondeur totale du profil est utilisée, de la surface jusqu'à la limite fixée par la tarière.

les sondages pédologiques (Tableau 3.2.2). Ce sont : l'épaisseur des horizons A, H, Go, Gr et g (une épaisseur de 0 signifiant l'absence de l'horizon en question), le pH de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A ou H), les carbonates dans le premier horizon A ou H (absence, carbonaté, décarbonaté), la teneur en eau du profil entier (pas d'eau/peu d'eau/beaucoup d'eau), la présence (1) – absence (0) de taches de réduction, la présence (1) – absence (0) de taches d'oxydation, la présence (1) – absence (0) de rupture minéralogique et/ou lithologique (synonyme d'apports de minéral) et la profondeur totale du profil jusqu'à la limite de la tarière ont été utilisés (Tableau 3.2.2). Les sondages ont été groupés en fonction de ces variables diverses (**binaires** : taches de réduction, taches d'oxydation, rupture minéralogique et/ou lithologique ; **quantitatives** : épaisseur des horizons, pH, profondeur totale du profil ; et **qualitatives** : carbonates et teneur en eau) grâce à un groupement hiérarchique utilisant la distance de Gower (distance typiquement adaptée à des variables explicatrices différentes), ainsi que la méthode de Ward (variance minimisée au sein des groupes) (librairies **vegan** et **stats** ; BORCARD *et al.*, 2011). Le nombre optimal de groupes (niveau de coupure du dendrogramme) a été décidé grâce à plusieurs indices ou graphes, comme (1) l'indice de Rousseeuw, (2) le graphe des « fusion levels », (3) le graphe des statistiques de Mantel, (4) le graphe des corrélations de spearman, et (5) le graphique des silhouettes (fonction *silhouette* de la **librairie cluster**) (BORCARD *et al.*, 2011). Le graphique des silhouettes, qui représente le degré d'appartenance de chaque profil à chaque groupe, a permis de valider la qualité du groupement : une moyenne élevée pour un groupe donné signifie que ce dernier est homogène ; de plus, une moyenne élevée totale de ces silhouettes atteste de la bonne qualité du groupement et donc que le nombre de groupe et la méthode de groupement choisis sont optimaux pour les données (Annexe B.10). Cette première étape a permis de regrouper tous les sondages semblables en fonction des paramètres sélectionnés. Le groupement final a été obtenu avec la fonction *hcoplot.R* (BORCARD *et al.*, 2011) permettant d'avoir un dendrogramme réordonné, et donc d'avoir les objets les plus semblables dans un voisinage proche. Des couleurs ont été ajoutées sur ce dendrogramme afin de faciliter la visualisation des groupes.

Chaque groupe a ensuite été décrit et ses spécificités ont été mises en évidence, permettant ainsi d'avoir un aperçu des caractéristiques des sols présents dans l'ensemble du site d'étude ainsi que pour chaque site séparément. Des histogrammes des sols présents dans chaque groupe pour chaque site d'étude ont également été tracés, ceci afin de voir la répartition des groupes dans les trois sites. Puis, les proportions de chacun des sols présents dans les trois sites pris ensemble et séparément ont été calculées afin de voir leur diversité. Ces étapes ont ensuite permis d'identifier les spécificités de chaque sol observé ainsi que pour chaque site séparé. Ainsi, au final, les types de sol ont été détaillés un à un en fonction des

variables utilisées et selon leur répartition dans les sites étudiés.

3.2.3 Résultats

Types de sols (groupement)

Le groupement Gower-Ward optimal répartit les 117 sondages de sols en 9 groupes (Figure 3.2.2). Les groupes 6 et 9 se différencient nettement des autres groupes. Puis, les groupes 2, 5 et 7 sont assez semblables, et se différencient des groupes 1, 3, 4 et 8.

Les Figures 3.2.3 et 3.2.4 permettent de voir la distribution des groupes en fonction des sites d'étude. Le groupe 8 n'est présent qu'à La Burtignière, avec 10 profils. Les autres groupes, bien que principalement abondants à La Burtignière, comportent également quelques sondages effectués au Sentier et/ou à Chapelle-des-Bois.
La figure suivante permet d'identifier les sols présents dans chaque groupe et dans chaque site (Figure 3.2.5).

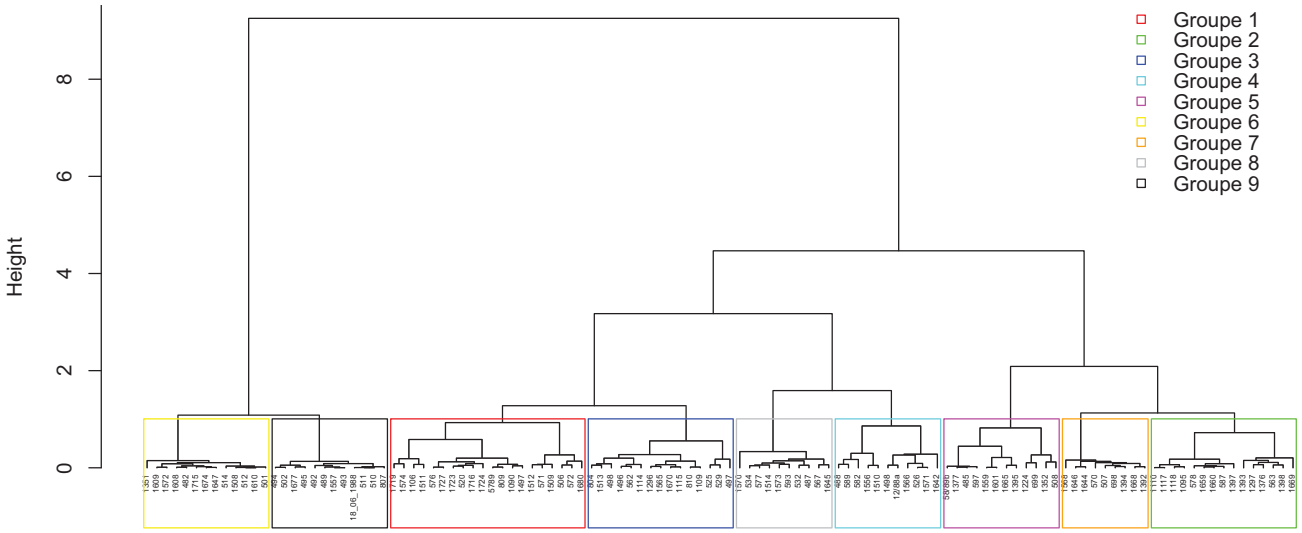
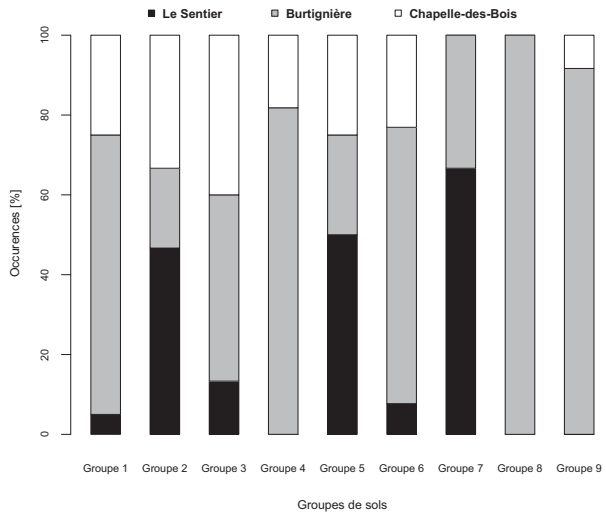


Figure 3.2.2 : Dendrogramme réordonné des sondages pédologiques, obtenu avec la distance de Gower et la méthode de Ward. Les 117 sondages pédologiques sont répartis en 9 groupes, du Groupe 1 au Groupe 9.



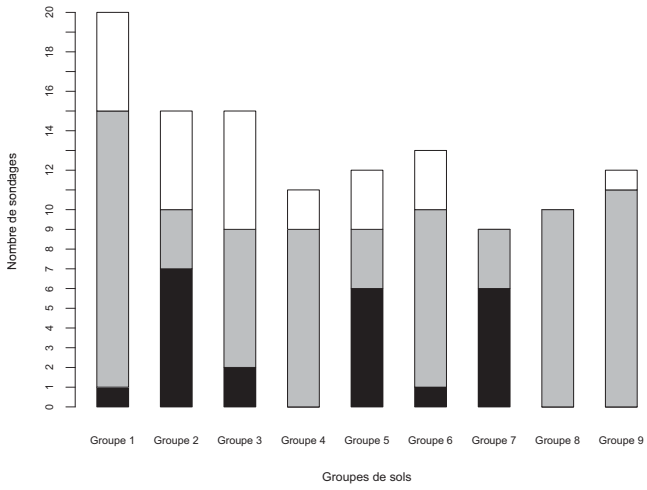
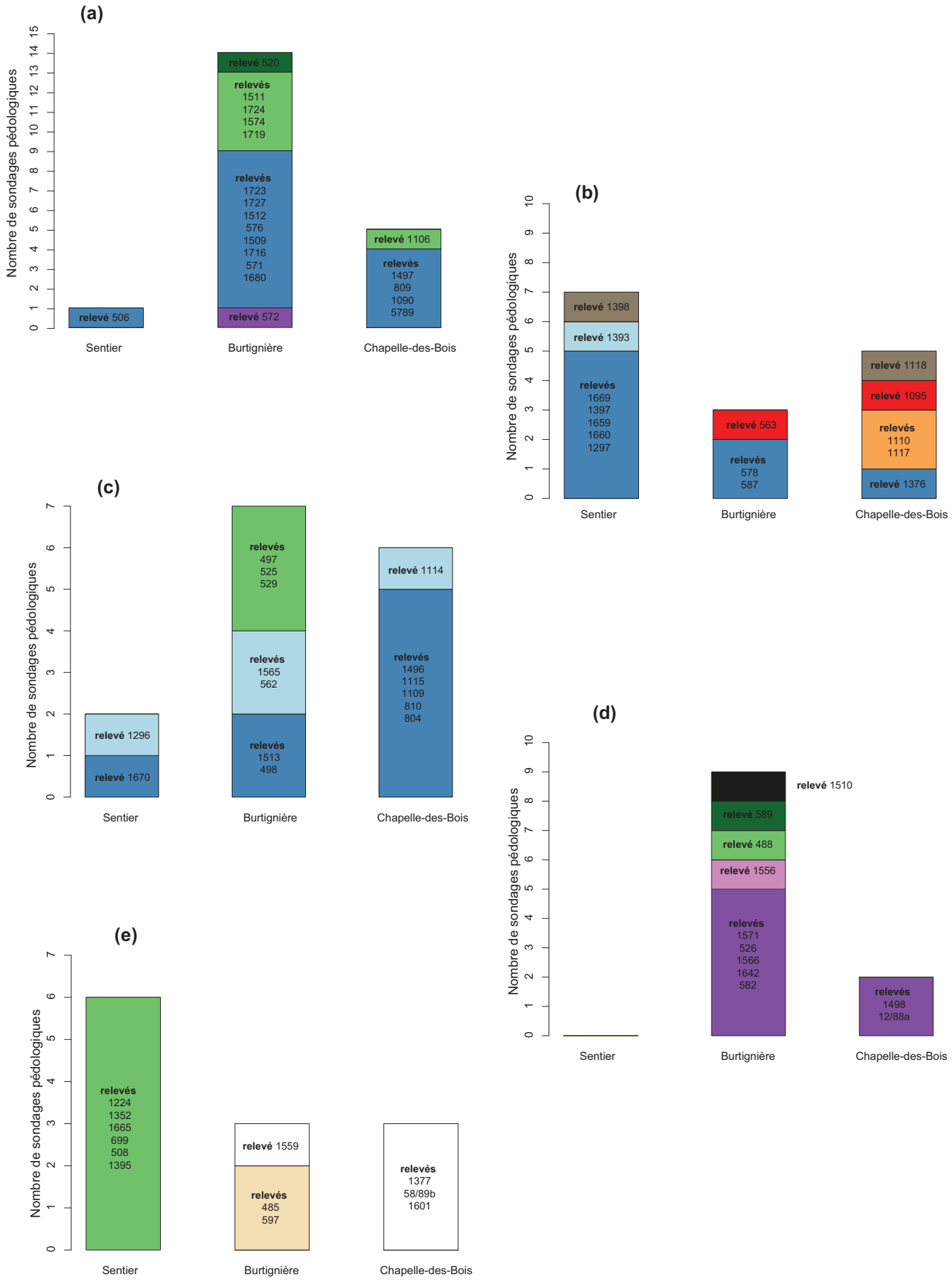


Figure 3.2.3 (à gauche) : Répartition des groupes entre les sites d'étude.

Figure 3.2.4 (à droite) : Nombre des sondages pédologiques présents dans chaque groupe et pour chaque site d'étude.


(a)
Nombre de sondages pédologiques
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15
relevé 506
relevé 520
relevés 1511 1724 1574 1719
relevés 1723 1727 1512 576 1509 1716 571 1680
relevé 572
relevé 1106
relevés 1497 809 1090 5789
Sentier
Burtignière
Chapelle-des-Bois
(b)
Nombre de sondages pédologiques
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
relevé 1398
relevé 1393
relevés 1669 1397 1659 1660 1297
relevé 563
relevés 578 587
relevé 1118
relevé 1095
relevés 1110 1117
relevé 1376
Sentier
Burtignière
Chapelle-des-Bois
(c)
Nombre de sondages pédologiques
0 1 2 3 4 5 6 7
relevé 1296
relevé 1670
relevés 497 525 529
relevés 1565 562
relevés 1513 498
relevé 1114
relevés 1496 1115 1109 810 804
Sentier
Burtignière
Chapelle-des-Bois
(d)
Nombre de sondages pédologiques
0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
relevé 1510
relevé 589
relevé 488
relevé 1556
relevés 1571 526 1566 1642 582
relevés 1498 12/88a
Sentier
Burtignière
Chapelle-des-Bois
(e)
Nombre de sondages pédologiques
0 1 2 3 4 5 6 7
relevés 1224 1352 1665 699 508 1395
relevé 1559
relevés 485 597
relevés 1377 58/89b 1601
Sentier
Burtignière
Chapelle-des-Bois

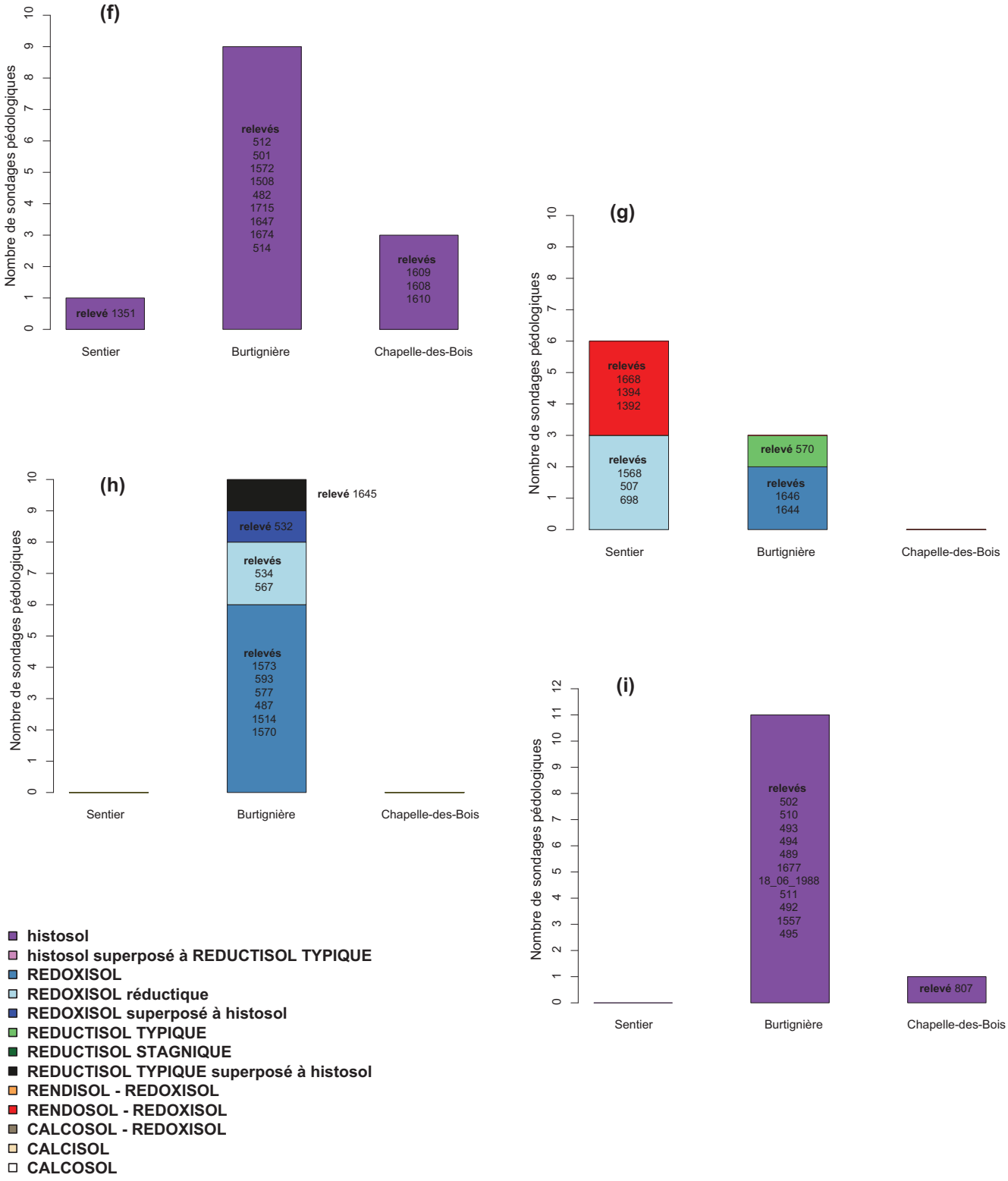


Figure 3.2.5 : Nombre des sondages pédologiques pour chaque groupe et pour chaque site. (a) groupe 1 ; (b) groupe 2 ; (c) groupe 3 ; (d) groupe 4 ; (e) groupe 5 ; (f) groupe 6 ; (g) groupe 7 ; (h) groupe 8 ; (i) groupe 9. Les couleurs représentent les différents types de sols

Tableau 3.2.3 : Liste des descripteurs pédologiques (avec leurs catégories) utilisés dans le groupement (« Épaisseur des horizons », « présence de traces d'oxydation», « présence de traces de réduction», « présence de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique », « taux d'humidité », « présence ou absence de carbonates (absence, décarbonaté, carbonaté) » et « profondeur du profil ». La répartition (%) de quelques descripteurs a été calculée pour chaque groupe afin de voir les spécificités de chacun d'eux. Concernant les épaisseurs des horizons, les moyennes ont été calculées uniquement sur les profils contenant l'horizon concerné (entre parenthèses, figure la moyenne calculée sur tous les profils présents dans chaque groupe). Concernant le pH et la profondeur, la moyenne a été calculée sur l'ensemble des profils. Les chiffres en gras représentent les valeurs les plus élevées pour chaque descripteur.

Seul un chiffre est donné après la virgule, puisque sur le terrain, les épaisseurs des horizons ont été mesurées au centimètre, et les mesures de pH ont été faites grâce au pH Hellige avec une précision de 0.5.

DESCRIPTEURS PÉDOLOGIQUES		GROUPE 1 *20 sondages (17%)*	GROUPE 2 *15 sondages (13%)*	GROUPE 3 *15 sondages (13%)*	GROUPE 4 *11 sondages (9%)*	GROUPE 5 *12 sondages (10%)*	GROUPE 6 *13 sondages (11%)*	GROUPE 7 *9 sondages (8%)*	GROUPE 8 *10 sondages (9%)*	GROUPE 9 *12 sondages (10%)*
Épaisseur horizon H [cm]	moyenne	38.8 (9.7)	-	17.0 (1.1)	48.0 (39.3)	-	86.9 (86.9)	-	24.5 (24.5)	**91.3 (91.3)**
Épaisseur horizon A [cm]	moyenne	33.8 (28.7)	28.7 (28.7)	29.7 (29.7)	32.7 (26.7)	22.3 (22.3)	-	**41.6 (41.6)**	27.9 (27.9)	-
Épaisseur horizon Go [cm]	moyenne	27.0 (2.7)	17.0 (1.1)	**29.0 (9.7)**	-	11.7 (5.8)	-	6.7 (2.2)	14.5 (2.9)	-
Épaisseur horizon Gr [cm]	moyenne	**45.8 (13.7)**	-	15.3 (4.1)	24.4 (13.4)	-	-	18.0 (4.0)	16.5 (3.3)	-
Épaisseur horizon g [cm]	moyenne	30.6 (19.9)	24.2 (14.5)	28.5 (24.7)	-	-	-	17.6 (9.8)	**34.1 (34.1)**	-
pH horizon enracinement	moyenne	5.2	6.1	5.3	5.4	6.2	4.5	5.9	5.4	4.8
Marques d'oxydation	0 (absence)	-	-	-	**100%**	50%	**100%**	-	-	**100%**
	1 (présence)	**100%**	**100%**	**100%**	-	50%	-	**100%**	**100%**	-
Marques de réduction	0 (absence)	-	-	-	**54.5%**	**100%**	**100%**	-	-	**100%**
	1 (présence)	**100%**	**100%**	**100%**	45.5%	-	-	**100%**	**100%**	-
Traces de rupture minéralogique et/ou lithologique	0 (absence)	**100%**	**100%**	**93.3%**	27.3%	**100%**	**100%**	**100%**	-	**100%**
	1 (présence)	-	-	6.7%	**72.7%**	-	-	-	**100%**	-
Humidité du profil	aucune	-	**93.3%**	**100%**	-	**66.6%**	-	-	-	-
	un peu	**70%**	6.7%	-	**90.9%**	16.7%	-	**100%**	**100%**	**100%**
	beaucoup	30%	-	-	9.1%	16.7%	**100%**	-	-	-
Carbonates horizon A	absence	**100%**	-	**100%**	**90.1%**	-	**100%**	-	**90%**	**100%**
	carbonaté	-	40%	-	-	**58.3%**	-	-	10%	-
	décarbonaté	-	**60%**	-	9.9%	41.7%	-	**100%**	-	-
Profondeur profil [cm]	moyenne	80.7	57.3	74.7	82.8	56.0	88.3	79.0	95.3	**93.4**

Description des groupes

Ci-après figurent les descriptions de chaque groupe avec la localisation des sondages effectués sur les trois sites (Burtignière : Figure 3.2.8 ; Sentier : Figure 3.2.9 ; Chapelle-des-Bois : Figure 3.2.10), les caractéristiques de chaque groupe ainsi que les différents types de sols présents dans chaque groupe. La présentation des groupes ci-dessous suit l'ordre donné par le dendrogramme (Figure 3.2.2, de gauche à droite). Le graphe des silhouettes du dendrogramme figure en Annexe B.10.

A l'intérieur du texte suivant figurent des tableaux récapitulatifs pour chaque groupe, présentant les numéros des sondages pédologiques, avec leurs sols et leurs successions d'horizons, ceci afin de faciliter la compréhension. En ce qui concerne les successions d'horizons présentes dans ces tableaux, celles-ci sont des résumés et ne sont donc pas exhaustives : les successions ne montrent pas tous les horizons pouvant être présents dans un profil. Par exemple, pour un profil possédant deux horizons Ah, uniquement un seul est écrit dans le tableau. Ainsi, pour avoir la liste exhaustive de tous les horizons présents dans un sondage, il faut se référer à l'Annexe A5, qui contient une fiche détaillée avec schémas et photos, pour chacun des sondages, avec leurs caractéristiques et le nom de sol qui leur a été attribué.

Dans l'Annexe B.11 figure un résumé de tous les sondages effectués dans cette étude, avec les caractéristiques des descripteurs pédologiques utilisés ainsi que le nom du sol attribué à chaque sondage.

Groupe 6

Situation du groupe

Le groupe 6 est composé de 13 profils de sols. Ces derniers sont situés au Sentier, à La Burtignière ainsi qu'à Chapelle-des-Bois, avec respectivement un, neuf et trois sondages (Figures 3.2.3, 3.2.4 et 3.2.5f).

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.2.3 et 3.2.4, le groupe 6 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons H*** *dans tous les profils* ***(Hf et/ou Hm et/ou Hs)*** *;*
- ***de beaucoup d'eau*** *(100%) ;*

ainsi que par ***l'absence :***

- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(dans 100% des profils) ;*
- ***de marques de réduction*** *(100%) ;*
- ***de marques d'oxydation*** *(100%) ;*
- ***de carbonates*** *(100%).*

Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A ou H) est de 4.5. Les profils ont une profondeur moyenne de 88.3 cm.

L'horizon H est présent dans tous les profils et a une épaisseur moyenne de 86.9 cm (Tableaux 3.2.3 et 3.2.4).

Il n'y a **aucune trace d'hydromorphie de type fer réduit et fer oxydé**. Les profils de ce groupe sont tous **sans carbonates**. **Aucune rupture minéralogique et/ou lithologique** n'est présente dans ce groupe (cf. explications dans Tableau 3.2.2). De plus, tous ces profils contiennent **beaucoup d'eau**.

Sols présents dans le groupe

Au niveau nomenclatural, ce groupe contient uniquement des sols hydromorphes de type histosols (Figure 3.2.5f ; Tableau 3.2.4), et plus particulièrement des HISTOSOLS FIBRIQUES ainsi que des HISTOSOLS MÉSIQUES.

Ces histosols, qui contiennent des horizons Hf et/ou Hm et/ou Hs, sont présents au Sentier (avec un seul et unique profil), à La Burtignière (avec neuf profils) ainsi qu'à Chapelle-des-Bois (avec trois profils). Les HISTOSOLS FIBRIQUES sont composés d'une dominance d'horizons Hf, alors que les HISTOSOLS MÉSIQUES sont composés d'une dominance d'horizons Hm.

Tableau 3.2.4 : Détails des sondages du groupe 6 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

	N° SONDAGE	SOLS	SUCCESSION D'HORIZONS
B	512	HISTOSOL FIBRIQUE	Hf1 / Hf2 / Hf3 / Hf4 / Hf5
B C	501 1608, 1609	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique en surface	1) Hm / Hf & Hm / Hf 2) Hm / Hf1 / Hf2 3) Hf1 / Hf2 / Hf & Hm
B	482	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface	Hf / Hsnoz / Hm / Hf
B	1508	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques	Hf / Hf & Hm / Hf / Hf & Hm / Hm
B	1572	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique en surface	Hszo / Hf
B	1715	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésiques en surface	Hsnoz / Hm1 / Hm2 / Hf
B	514	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et sapriques en surface et de profondeur	Hf / Hsnoz /Hm1 / Hm2 / Hf / Hm / Hsnoz / Hf
S B	1351 1674	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique en surface	1) Hf1 / Hf2 / Hm / Hsnoz 2) Hf / Hsnoz & Hm / Hf / Hm / Hm & Hsnoz / Hsnoz & Hm
B	1647	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons saprique en surface	Hsnoz / Hm1 / Hm2 / Hm1 & Hsnoz1 / Hm2 & Hsnoz2
C	1610	HISTOSOL MÉSIQUE	Hm / Hm & Hf / Hm / Hm & Hf / Hsnoz

Parmi les HISTOSOLS FIBRIQUES, on trouve (Tableau 3.2.4) :

- Un **HISTOSOL FIBRIQUE** simple, qui est présent à La Burtignière (profil 512). Il contient une succession d'horizons histiques fibriques Hf.
- Trois **HISTOSOLS FIBRIQUES à horizon mésique en surface**, qui sont présents à La Burtignière (profil 502) et à Chapelle-des-Bois (sondages 1608 et 1609). Ils contiennent une succession d'horizons histiques fibriques Hf surmontés d'un unique horizon histique mésique Hm.
- Un **HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface**, qui est présent à La Burtignière (profil 482). Il contient un horizon histique fibrique dominant surmonté d'un horizon mésique Hm puis d'un horizon histique saprique non zoogène, Hsnoz.
- Un **HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques**, présent à La Burtignière (sondage 1508). Il contient une succession d'horizons histiques fibriques Hf dominants, qui sont intercalés d'horizons histiques Hm.
- Un **HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique en surface**, qui est présent à La Burtignière (sondage 1572). Il contient un horizon histique Hf dominant, surmontés d'un horizon histique saprique zoogène, Hszo.
- Un **HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésiques en surface**, qui est présent à La Burtignière (profil 1715). Il contient un horizon histique Hf dominant, surmontés d'horizons Hm puis d'un horizon histique saprique non zoogène, Hsnoz.

Parmi les HISTOSOLS MÉSIQUES, on trouve (Tableau 3.2.4) :

- Un **HISTOSOL MÉSIQUE** simple, qui est présent à Chapelle-des-Bois (profil 1610). Il contient une dominance d'horizon histique Hm. Il contient également quelques centimètres d'horizon Hf (en poche) et d'horizon Hsnoz.
- Un **HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et sapriques en surface et de profondeur,** qui est présent à La Burtignière (sondage 514). Il contient une dominance d'horizons histiques Hm. Des horizons histiques sapriques non zoogènes Hsnoz et histiques fibriques Hf sont présents en dessus et en dessous de ces horizons Hm.
- Deux **HISTOSOLS MÉSIQUES à horizons fibriques et saprique en surface**, qui sont présents au Sentier (sondage 1351) et à La Burtignière (profil 1674). Ils contiennent les deux une dominance d'horizons Hm. Le sondage 1351 possède un horizon Hsnoz en profondeur et des horizons Hf en surface. Le sondage 1674 possède également des horizons Hsnoz en profondeur, et des horizons Hf et un horizon Hsnoz en surface.
- Un **HISTOSOL MÉSIQUE à horizon saprique en surface,** qui est présent à La Burtignière (profil 1647). Il contient une dominance d'horizon histique Hm. Un horizon histique saprique non zoogène Hsnoz est présent en surface ainsi qu'en poche plus en profondeur.

Groupe 9

Situation du groupe

Le groupe 9 est composé de 12 profils de sols. Ces derniers sont situés majoritairement à La Burtignière. Un seul sondage provient de Chapelle-des-Bois, le profil 807 (Figures 3.2.3, 3.2.4 et 3.2.5i).

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.2.3 et 3.2.5, le groupe 9 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons H*** *dans tous les profils* ***(Hf et/ou Hm et/ou Hs)*** *;*
- ***d'un peu d'eau*** *(100%) ;*

ainsi que par ***l'absence :***

- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(100%) ;*
- ***de marques de réduction*** *(100%) ;*
- ***de marques d'oxydation*** *(100%) ;*
- ***de carbonates*** *(100%).*

Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A ou H) est de 4.8. Les profils ont une profondeur moyenne de 93.4 cm.

Les horizons H, présents dans tous les profils sous la forme Hf et/ou Hm et/ou Hs, ont ensemble une épaisseur moyenne de 91.3 cm (Tableaux 3.2.3 et 3.2.5).

Il n'y a **aucune trace d'hydromorphie de type fer réduit et fer oxydé**. Les profils de ce groupe sont tous **sans carbonates**. **Aucune rupture minéralogique et/ou lithologique** n'est présente dans ce groupe. Tous les profils contiennent un **peu d'eau**.

Sols présents dans le groupe

Au niveau nomenclatural, ce groupe contient uniquement des sols hydromorphes de type histosols (Figure 3.2.5i ; Tableau 3.2.5).

Ces histosols sont présents à La Burtignière (avec onze profils) ainsi qu'à Chapelle-des-Bois avec un unique sondage. Les HISTOSOLS FIBRIQUES sont composés d'une dominance d'horizon Hf, les HISTOSOLS MÉSIQUES sont composés d'une dominance d'horizons Hm, et les HISTOSOLS SAPRIQUES sont composés d'une dominance d'horizons Hs.

Parmi les HISTOSOLS FIBRIQUES, on trouve (Tableau 3.2.5) :

- Un **HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques et saprique en surface,** qui est présent à La Burtignière (profil 502). Il contient une succession d'horizons histiques fibriques Hf, avec en surface des horizons mésiques Hm et un horizon saprique non zoogène Hsnoz.
- Un **HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique**, qui est présent à La Burtignière (profil 510). Il contient

une succession d'horizons histiques fibriques Hf en surface, ainsi que d'horizons Hm et Hsnoz en profondeur.

- Deux **HISTOSOLS FIBRIQUES à horizons saprique et mésique en surface**, qui sont présents à La Burtignière (profils 493 et 494). Les horizons Hf sont surmontés d'horizons mésique Hm puis saprique zoogène Hszo (sondage 494) ou limique Hsl (sondage 493).
- Un **HISTOSOL FIBRIQUE à horizons sapriques et mésique en surface**, présent à La Burtignière (profil 489). Il contient une succession dominante d'horizons histiques fibriques Hf qui sont ensuite surmontés d'un horizon histique Hm puis d'horizons histiques sapriques non zoogènes Hsnoz.

Parmi les HISTOSOLS MÉSIQUES, on trouve (Tableau 3.2.5) :

- Un **HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques en surface et de profondeur**, qui est présent à La Burtignière (profil 1677). Il contient des horizons histiques Hm dominants, avec en surface et en profondeur des horizons histiques fibriques Hf.
- Un **HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique** qui est présent à La Burtignière (profil 18_06_1988). Il contient une dominance d'horizons Hm en surface. Ceux-ci sont suivis en dessous par des horizons Hf puis par un horizon histique saprique non zoogène Hsnoz.
- Un **HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique en surface** qui est présent à La Burtignière (sondage 511). Il contient une dominance d'horizons histiques Hm. Il contient également des horizons Hf ainsi qu'un horizon Hsnoz en surface, donc dans les premiers 40 cm du profil.
- Un **HISTOSOL MÉSIQUE à horizons saprique et fibrique en surface** qui est présent à La Burtignière (profil 492). Il contient une dominance d'horizons histiques Hm. Il contient également un horizon Hsnoz ainsi qu'un horizon Hf en surface.
- Un **HISTOSOL MÉSIQUE à horizons sapriques en surface** qui est présent à Chapelle-des-Bois (profil 807). Il contient une dominance d'horizons histiques Hm. Il contient également un horizon Hf en poche, ainsi que des horizons sapriques non zoogènes Hsnoz en surface.

Parmi les HISTOSOLS SAPRIQUES, on trouve (Tableau 3.2.5) :

- Deux **HISTOSOLS SAPRIQUES à horizons mésiques** qui sont présents à La Burtignière (sondages 1557 et 495). Le sondage 1557 contient une dominance d'horizons histiques sapriques non zoogènes Hsnoz, ainsi que quelques horizons mésiques après 40 cm de profondeur. Le sondage 495 contient lui une dominance d'horizons histiques sapriques zoogènes Hszo ainsi que quelques horizons histiques mésiques après 40 cm de profondeur.

Tableau 3.2.5 : Détails des sondages du groupe 9 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

	N° SONDAGE	SOLS	SUCCESSION D'HORIZONS
B	502	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques et saprique en surface	Hm & Hsnoz / Hm / Hm & Hf / Hf1 / Hf2
B	510	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique	Hf1 / Hf2 / Hf & Hsnoz / Hm & Hf
B	493 494	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface	1) Hsl / Hm / Hf1 / Hf2 2) Hszo & Hm / Hf / Hf & Hm
B	489	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons sapriques et mésique en surface	Hszo1/ Hszo2 / Hm / Hf
B	1677	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques en surface et de profondeur	Hf / Hm & Hf / Hf / Hm1 / Hm2 / Hf / Hm & Hf
B	18_06_1988	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique	Hm1 / Hm2 / Hf1 / Hf2 / Hsnoz
B	511	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique en surface	Hf1 / Hf2 / Hsnoz & Hf / Hm & Hf / Hsnoz / Hm & Hf
B	492	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons saprique et fibrique en surface	Hsnoz & Hm / Hf / Hm / Hsnoz / Hm
C	807	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons sapriques en surface	Hsnoz / Hsnoz & Hm / Hm / Hm & Hf
B	1557	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons mésiques	Hsnoz / Hsnoz & Hm / Hm / Hsnoz & Hm
B	495	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons mésiques	Hszo / Hszo1 & Hm1 / Hszo2 & Hm2 / Hszo3 & Hm3 / Hm & Hszo

Groupe 1

Situation du groupe

Le groupe 1 est composé de 20 profils de sols. Ces derniers sont situés principalement à La Burtignière et à Chapelle-des-Bois, avec respectivement 14 et 5 profils (Figures 3.2.3, 3.2.4 et 3.2.5a). Un seul profil provient du Sentier.

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.2.3 et 3.2.6, le groupe 1 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons H et/ou A et/ou Go et/ou Gr et/ou g*** *;*
- ***de marques d'oxydation*** *(dans 100% des profils) ;*
- ***de marques de réduction*** *(100%) ;*
- ***d'un peu d'eau*** *(70%) ;*

ainsi que par ***l'absence :***

- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(100%) ;*
- ***de carbonates*** *(100%).*

Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A ou H) est de 5.2. Les profils ont une profondeur moyenne de 80.7 cm.

L'horizon H a une épaisseur moyenne de 38.8 cm (moyenne calculée uniquement sur les profils contenant cet horizon, ce qui est valable pour toutes les épaisseurs moyennes suivantes dans ce paragraphe et dans les autres groupes) et est présent dans quatre profils (Tableaux 3.2.3 et 3.2.6). L'horizon A a une épaisseur moyenne de 33.8 cm et est présent dans tous les sondages sauf trois qui possèdent des horizons H. L'horizon Go est quant à lui présent uniquement dans deux profils sans horizon g et a une épaisseur moyenne de 27.0 cm. L'horizon Gr est présent dans sept sondages dont six ne possèdent pas d'horizon g et a une épaisseur moyenne de 45.8 cm. L'horizon g est présent dans tous les profils sauf sept. L'épaisseur moyenne de l'horizon g est de 30.6 cm. Les horizons g, Go et Gr sont pour la plupart argileux, voire argilo-limoneux.

Il y a présence de **taches de fer oxydé** ainsi que de **taches de fer réduit**. **Aucun des profils dans ce groupe ne présente de carbonates** ($CaCO_3$). Il n'y a par ailleurs **aucune rupture minéralogique et/ou lithologique**. Tous les profils contiennent de l'**eau** : 70% des profils renferment un peu d'eau, les 30% restants étant très humides.

Sols présents dans le groupe

Au niveau nomenclatural, ce groupe rassemble des RÉDOXISOLS, des RÉDUCTISOLS TYPIQUES, ainsi qu'un HISTOSOL MÉSIQUE et un RÉDUCTISOL STAGNIQUE (Figure 3.2.5a ; Tableau 3.2.6).

Les RÉDOXISOLS sont présents au Sentier (avec uniquement un sondage), à La Burtignière (avec huit profils), ainsi qu'à Chapelle-des-Bois (avec quatre sondages). Les RÉDUCTISOLS TYPIQUES sont présents à La Burtignière (avec cinq profils), ainsi qu'à Chapelle-des-Bois (avec un seul profil). L'HISTOSOL MÉSIQUE est présent uniquement à La Burtignière.

L'**HISTOSOL MÉSIQUE** (profil 572) contient un horizon rédoxique (g) argileux situé entre 50 et 80 cm de profondeur. Ce sol est très humide. Bien que l'horizon Hm soit dominant, d'autres horizons histiques sont présents en surface, avec notamment un horizon saprique non zoogène (Hsnoz) surmontant un horizon fibrique (Hf). Ce sol est donc un **HISTOSOL MÉSIQUE rédoxique, à horizons saprique et fibrique en surface** (Tableau 3.2.6).

Tableau 3.2.6 : Détails des sondages du groupe 1 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

	N° SONDAGE	SOLS	SUCCESSION D'HORIZONS
B	572	HISTOSOL MÉSIQUE rédoxique, à horizons saprique et fibrique en surface	Hs / Hf / Hm / Hm & gh / g & Hm / g
B	1723, 1727, 1512, 576, 1509	RÉDOXISOL	An ou Ah / Ag / gh / g
B	1716, 571	RÉDOXISOL leptique	
S	506	RÉDOXISOL épihistique, issu de craie lacustre	Hf / Ag & Hf / Mcra
B	1680	RÉDOXISOL épihistique, à horizon réductique de profondeur	Hf / Hm / g / Gr(o)
C	1497	RÉDOXISOL surrédoxique	Ah / Ag / g / Cca
C	809, 1090 et 5789	RÉDOXISOL leptique, surrédoxique	
B C	1511 1106	RÉDUCTISOL TYPIQUE	A / Go / Gr / Ccag
B	1724	RÉDUCTISOL TYPIQUE leptique	
B	520	RÉDUCTISOL STAGNIQUE leptique	An / An – Gr / Ccag
B	1574	RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique	Ah / Ag / Gr(o) / Gr
B	1719	RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique	Hs / Hm – Gr(o) / Gr

Parmi les RÉDOXISOLS, on distingue (Tableau 3.2.6) :

- Des RÉDOXISOLS composés soit d'un horizon organo-minéral grumeleux Ah ou d'un horizon rédoxique gh riche en matière organique, dit humifère (-h), soit des deux horizons simultanément (comme le profil 1512). On nomme alors ce sol **RÉDOXISOL à horizon A humifère** (et g humifère si l'horizon gh est présent). D'autres RÉDOXISOLS ont en surface un horizon organo-minéral d'anmoor An encore plus riche en matière organique, très noir, pouvant être très épais, possédant une structure plastique et collante (sondage 1723).
- Des **RÉDOXISOLS leptiques**, possédant un horizon g d'épaisseur inférieure à 50 cm (sondage 1716).
- Des **RÉDOXISOLS épihistiques**, composés en surface d'un ou de plusieurs horizons tourbeux (H) (profils 506 au Sentier et 1680 à La Burtignière). Le profil du Sentier est particulier car il repose sur de la craie lacustre (horizon Mcra), à texture sablo-limoneuse. Ce sol est très humide, avec de l'eau qui dégouline depuis la

surface jusqu'en profondeur. Le sondage 1680 de La Burtignière, caractérisé par beaucoup d'humidité, possède, en plus de l'horizon H en surface, un horizon réductique Gr(o) comportant quelques petites taches d'oxydation dans les pores et les vides racinaires, et très argileux entre 80 et 120 cm. Ce sol est un **RÉDOXISOL épihistique à horizon réductique de profondeur**.

- Des **RÉDOXISOLS surrédoxiques**, dans lesquels l'horizon rédoxique (g) apparaît à moins de 20 cm de profondeur. C'est le cas pour les RÉDOXISOLS présents à Chapelle-des-Bois (exemple ci-dessous 1496). Certains sont aussi « **leptiques, surrédoxiques** » car l'horizon g, bien que commençant avant 20 cm de profondeur, a une épaisseur inférieure à 50 cm.

Parmi les RÉDUCTISOLS TYPIQUES, on retrouve (Tableau 3.2.6) :

- Des **RÉDUCTISOLS TYPIQUES**, comme le profil 1724, à horizons A riches en matière organique (Ah) et/ou G humifères (Gh).
- Un **RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique.** Comme dans le cas du RÉDOXISOL épihistique, ce sol est composé d'horizons histiques en surface dans les premiers 50 centimètres (sondage 1719).
- Un **RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique** (sondage 1574). Des horizons organo-minéraux humifère (Ah) et rédoxique (Ag) surmontent les horizons réductiques. Ces horizons Ah et Ag ont une texture limono-argileuse. Les horizons réductiques situés en dessous ont une texture argileuse.

Le **RÉDUCTISOL STAGNIQUE** (sondage 520) présent à La Burtignière contient un horizon à anmoor (An) très épais (50 cm) et à texture argilo-limoneuse, suivi d'un horizon de transition à anmoor et réductique (An – Gr). Il est dit « leptique » car l'épaisseur de l'horizon réductique Gr est inférieure à 50 cm (Tableau 3.2.6).

Groupe 3

Situation du groupe

Le groupe 3 est composé de 15 profils de sols. Ces derniers sont situés au Sentier, à La Burtignière ainsi qu'à Chapelle-des-Bois, avec respectivement deux, sept et six profils (Figures 3.2.3, 3.2.4 et 3.2.5c).

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.2.3 et 3.2.7, le groupe 3 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons A*** *dans tous les profils* ***(principalement An et/ou ou Ah et/ou A)*** *;*
- ***d'horizons H et/ou Go et/ou Gr et/ou g*** *dans quelques profils ;*
- ***de marques d'oxydation*** *(dans 100% des profils) ;*
- ***de marques de réduction*** *(100%) ;*
- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(6.7%) ;*

*ainsi que par l'****absence*** *:*

- ***de carbonates*** *(100%) ;*
- ***d'eau*** *(100%).*

Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A ou H) est de 5.3. Les profils ont une profondeur moyenne de 74.7 cm.

Un unique profil situé à La Burtignière contient un horizon H de 17.0 cm (Tableaux 3.2.3 et 3.2.7). L'horizon A (principalement sous la forme A et/ou Ah et/ou An) est quant à lui présent dans tous les sondages et a une épaisseur moyenne de 29.7 cm. L'horizon Go a une épaisseur de 29.0 cm et est présent dans quelques sondages seulement (un au Sentier, quatre à La Burtignière). L'horizon Gr a une épaisseur de 15.3 cm et est présent dans quelques profils (un à Chapelle-des-Bois, trois à La Burtignière). L'horizon g est présent dans tous les sondages, sauf deux situés à La Burtignière, qui contiennent des horizons Go et/ou Gr. L'épaisseur moyenne de l'horizon g dans ce groupe est de 28.5 cm. Les horizons g, Go et Gr ont une texture limono-argileuse à argileuse.

Il y a présence de traces d'hydromorphie, avec des **taches de fer réduit** et de **fer oxydé**. **Aucun profil de ce groupe ne contient de carbonates**. Dans un seul profil (profil 497), il y a eu **une rupture minéralogique et/ou lithologique** et plus précisément un apport de minéral sur de la tourbe existante. Tous les profils sont **secs**.

Sols présents dans le groupe

Ce groupe contient des RÉDOXISOLS, ainsi que des RÉDUCTISOLS TYPIQUES (Figure 3.2.5c ; Tableau 3.2.7).

Les RÉDOXISOLS sont présents au Sentier (avec deux sondages), à La Burtignière (avec quatre sondages) ainsi qu'à Chapelle-des-Bois (avec six profils). Les RÉDUCTISOLS TYPIQUES sont présents uniquement à La Burtignière (avec trois profils).

Tableau 3.2.7 : Détails des sondages du groupe 3 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

	N° SONDAGE	SOLS	SUCCESSION D'HORIZONS
C	1115	RÉDOXISOL leptique	A ou Ah / Ag / g / Ccag
C S	1109, 810 1670	RÉDOXISOL leptique, surrédoxique	A / Ag / g / g – Cca
C S	1114 1296	RÉDOXISOL réductique	An ou Ah / gh / Gr ou Go
B C	1513, 498 804, 1496	RÉDOXISOL surrédoxique	1) A / gh / g 2) An / Ag / gh 3) A ou Ah / Ag / g / Ccag
B	1565, 562	RÉDOXISOL réductique, surrédoxique,	Ah / Ag / g / Gr ou Go
B	497	RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon saprique de profondeur	An / Go / Gr / II Hs
B	525	RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique	An / An – g / Go / Gr
B	529	RÉDUCTISOL TYPIQUE surrédoxique	Ah / Ahg / Go

Parmi les RÉDOXISOLS, on peut citer (Tableau 3.2.7) :

- Les **RÉDOXISOLS surrédoxiques** (profils 1110, 1670, 810, 1513, 498 et 804). L'horizon g apparaît à moins de 20 cm de profondeur. Certains sont dits « leptiques » car l'horizon g apparaît sur moins de 50 cm d'épaisseur, ce qui est le cas pour trois profils (profils 1109, 1670 et 810).
- Les **RÉDOXISOLS réductiques** (sondages 1114, 1296, 1565 et 562). Un horizon réductique de type Go ou Gr apparaît entre 50 et 80 cm de profondeur. Deux des profils ont aussi le qualificatif « surrédoxique » car l'horizon rédoxique g apparaît à moins de 20 cm de profondeur (profils 1565 et 562).

Parmi les trois RÉDUCTISOLS TYPIQUES, on retrouve (Tableau 3.2.7) :

- Un **RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon saprique de profondeur** (profil 497). Celui-ci, localisé à La Burtignière, possède un horizon H dès 80 cm de profondeur. Cette tourbe en profondeur a par la suite été recouverte par un ou plusieurs apports de minéral, jusqu'à former un RÉDUCTISOL TYPIQUE.
- Un **RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique** (sondage 525). Ce profil possède un petit horizon g avant 40 cm de profondeur, juste sous l'horizon organo-minéral à anmoor (An).
- Un **RÉDUCTISOL TYPIQUE surrédoxique** (sondage 529) dans lequel des traces d'hydromorphie avec fer réduit et oxydé (codée –g) sont présentes au-dessus de 20 cm de profondeur.

Groupe 8

Situation du groupe

Le groupe 8 est composé de 10 profils de sols. Ces derniers sont uniquement présents à La Burtignière (Figures 3.2.3, 3.2.4 et 3.2.5h).

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.2.3 et 3.2.8, le groupe 8 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons A (An principalement), H et g*** *dans tous les profils ;*
- ***d'horizons Go et/ou Gr*** *dans quelques profils ;*
- ***de marques d'oxydation*** *(100%) ;*
- ***de marques de réduction*** *(100%) ;*
- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(100%) ;*
- ***d'un peu d'eau*** *(100%) ;*

ainsi que par l'absence :

- ***de carbonates*** *(90%).*

Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A ou H) est de 5.4. Les profils ont une profondeur moyenne de 95.3 cm.

L'horizon H a une épaisseur moyenne de 24.5 cm et est présent dans tous les profils du groupe (Tableaux 3.2.3 et 3.2.8). L'horizon A (principalement sous la forme An) est également présent dans tous les sondages et a une épaisseur moyenne de 27.9 cm. L'horizon g est présent dans tous les sondages, avec une épaisseur moyenne de 34.1 cm. L'horizon Go a une épaisseur moyenne de 14.5 cm et est présent dans deux sondages ne possédant pas d'horizon Gr. Celui-ci a une épaisseur moyenne de 16.5 cm et est également présent dans deux profils. Les horizons g, Go et Gr ont une texture argilo-limoneuse.

Il y a présence de traces d'hydromorphie, avec des taches de **fer réduit** et de **fer oxydé**. Les profils de ce groupe sont tous **sans carbonates**, sauf un qui est carbonaté. **Des traces de rupture minéralogique et/ou lithologique** sont présentes dans tous les profils de ce groupe. Tous les profils contiennent un **peu d'eau**.

Sols présents dans le groupe

Au niveau nomenclatural, ce groupe contient des sols hydromorphes de types RÉDOXISOLS (Figure 3.2.5h ; Tableau 3.2.8) et RÉDOXISOLS réductiques. Deux sols superposés sont trouvés dans ce groupe : un RÉDOXISOL superposé à un histosol ainsi qu'un RÉDUCTISOL TYPIQUE superposé à un histosol.

Parmi les RÉDOXISOLS, on trouve (Tableau 3.2.8) :

- Un **RÉDOXISOL à horizon histique saprique en surface** (sondage 1573). Il contient un horizon histique au-dessus de l'horizon rédoxique.

Tableau 3.2.8 : Détails des sondages du groupe 8 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

	N° SONDAGE	SOLS	SUCCESSION D'HORIZONS
B	1573	RÉDOXISOL à horizon histique saprique en surface	An / Hs / g
B	593	RÉDOXISOL à horizon histique saprique de profondeur	A / gh / g / II Hs
B	532	RÉDOXISOL superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE	A / Ag / g / II H
B	577	RÉDOXISOL leptique, à horizon histique mésique en surface	An / Hm / g / Mca
B	487	RÉDOXISOL multi-alluvio-colluvial, à horizons sapriques	An / Ag / Hs & g / g / II Hs
B	1514	RÉDOXISOL multi-fluvique, à horizons mésiques	An / Hm / g / II Hm / II g / II Cca
B	534	RÉDOXISOL réductique, à horizon histique	A / g / II H / III Gr
B	567	RÉDOXISOL réductique, multi-histique	An / Hm / g & Hf / II Hm / II An / II Go
B	1570	RÉDOXISOL surrédoxique, calcaire, à horizon saprique, à horizon réductique de profondeur	Aca / Acag / g / g – Hs / g / Gr
B	1645	RÉDUCTISOL TYPIQUE leptique, à horizon rédoxique, superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE	An / An – Go / Go – g / II Hm

- Un **RÉDOXISOL à horizon histique saprique en profondeur** (sondage 593). Il contient un horizon histique en profondeur. Au-dessus, un épais horizon rédoxique s'est formé. Ce sol a été nommé de cette façon car l'horizon histique en profondeur est peu épais et donc pas majoritaire selon la description sur le terrain. Il aurait fallu aller plus profondément avec la tarière pour vérifier ceci.
- Un **RÉDOXISOL leptique, à horizon histique mésique en surface** (sondage 577). L'horizon rédoxique fait moins de 50 cm d'épaisseur. Au-dessus de cet horizon, un horizon histique mésique est présent. Celui-ci est surmonté d'un horizon organo-minéral à anmoor.
- Un **RÉDOXISOL multi-alluvio-colluvial, à horizons sapriques** (profil 487). En profondeur, se trouve un horizon histique saprique. Au-dessus, un petit horizon rédoxique est présent. Celui-ci est ensuite surmonté d'un nouvel horizon histique zoogène (Hszo). Au-dessus s'est formé un horizon Ag qui est surmonté d'un autre horizon organo-minéral à anmoor.
- Un **RÉDOXISOL multi-fluvique, à horizons mésiques** (sondage 1514). En surface, ce sol est composé d'un horizon organo-minéral à anmoor, qui repose sur un horizon histique mésique. Celui-ci se trouve ensuite au-dessus d'un horizon rédoxique. Un nouvel horizon histique mésique se trouve en dessous de ce celui-ci. Ce sol est donc caractérisé par une succession d'horizons rédoxiques et histiques.

Parmi les RÉDOXISOLS réductiques, on trouve (Tableau 3.2.8) :

- Un **RÉDOXISOL réductique, à horizon histique** (sondage 534). Un horizon histique mésique est intercalé entre des horizons rédoxiques en dessus, et un horizon réductique en dessous.
- Un **RÉDOXISOL réductique multi-histique** (profil 567). En profondeur se trouve un horizon réductique Go qui est surmonté d'un horizon organo-minéral à anmoor. Au-dessus de celui-ci se trouve un horizon histique mésique. Un nouvel horizon rédoxique surmonte ensuite cet horizon histique. Au-dessus, un nouvel horizon histique est présent, qui est ensuite surmonté d'un horizon organo-minéral à anmoor.
- Un **RÉDOXISOL surrédoxique, calcaire, à horizon saprique, à horizon réductique de profondeur** (profil 1570). Un horizon réductique est présent en profondeur. Un horizon histique est intercalé entre des horizons rédoxiques en dessus et en dessous.

Parmi les sols superposés, on trouve (Tableau 3.2.8) :

- Un **RÉDUCTISOL TYPIQUE leptique, à horizon rédoxique, superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE** (profil 1645). Les horizons histiques situés en profondeur sont surmontés d'un horizon rédoxique (g) puis réductique (Go). Au-dessus de celui-ci, se trouve ensuite un horizon organo-minéral à anmoor.
- Un **RÉDOXISOL superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE** (profil 532). Les horizons histiques en profondeur sont surmontés d'horizons rédoxiques humifères (gh). Au-dessus de ceux-ci se trouve un horizon organo-minéral hydromorphe et humifère. Celui-ci est ensuite surmonté d'un horizon organo-minéral humifère Ah.

Groupe 4

Situation du groupe

Le groupe 4 est composé de 11 profils de sols. Ces derniers sont situés à La Burtignière ainsi qu'à Chapelle-des-Bois, avec respectivement neuf et deux sondages (Figures 3.2.3, 3.2.4 et 3.2.5d).

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.2.3 et 3.2.9, le groupe 4 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons H et/ou A et/ou Gr*** *;*
- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(dans 72.7% des profils) ;*
- ***de marques de réduction*** *(45.5%) ;*
- ***d'un peu d'eau*** *(90.9%) ;*

ainsi que par ***l'absence :***

- ***de marques d'oxydation*** *(100%) ;*
- ***de carbonates*** *(90.1%).*

Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A ou H) est de 5.4. Les profils ont une profondeur moyenne de 82.8 cm.

L'horizon H a une épaisseur moyenne de 48.0 cm et est présent partout excepté deux profils (Tableaux 3.2.3 et 3.2.9). L'horizon A (principalement An et/ou Ah) est également absent de deux sondages et a une épaisseur moyenne de 32.7 cm. Ces deux profils contiennent des horizons H et Gr à la place d'horizon A. L'horizon Gr, de texture argilo-limoneuse à argileuse, est présent dans cinq sondages de La Burtignière et a une épaisseur moyenne de 24.4 cm. Aucune autre trace d'hydromorphie de type g ou –g n'est décelée dans ces sondages.

Il y a présence de traces d'hydromorphie, mais uniquement avec des **taches de fer réduit**. Tous les profils, sauf **un qui est décarbonaté**, ne contiennent **aucun carbonates.** Par ailleurs, dans huit profils, il y a **présence de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique**, et donc d'apport de minéral sur la couche existante tourbeuse (A ou Gr sur H) Tous les profils contiennent tous de l'**eau mais en quantité inégale :** la plupart en contiennent un peu, les autres beaucoup.

Sols présents dans le groupe

Au niveau nomenclatural, ce groupe contient des sols hydromorphes de type histosol (Figure 3.2.5d ; Tableau 3.2.9) et RÉDUCTISOLS TYPIQUES. Deux sols superposés sont trouvés dans ce groupe : un histosol superposé à un RÉDUCTISOL TYPIQUE ainsi qu'un RÉDUCTISOL TYPIQUE superposé à un histosol.

Les histosols sont présents à La Burtignière (avec cinq sondages) ainsi qu'à Chapelle-des-Bois (avec deux sondages). L'histosol superposé à un RÉDUCTISOL TYPIQUE ainsi que le RÉDUCTISOL TYPIQUE superposé à un histosol sont situés à La Burtignière. Les RÉDUCTISOLS TYPIQUE et STAGNIQUE sont également présents uniquement à La Burtignière.

Parmi les histosols, on peut citer (Tableau 3.2.9) :

- Un **HISTOSOL FIBRIQUE** (profil 1498) à Chapelle-des-Bois, contenant un horizon histique fibrique épais surmonté d'un horizon à anmoor (An) également très épais (50 cm). Ce sol est calcique.

Tableau 3.2.9 : Détails des sondages du groupe 4 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

	N° SONDAGE	SOLS	SUCCESSION D'HORIZONS
C	1498	HISTOSOL FIBRIQUE	An / Hf
C B	12/88a, 1571, 526	HISTOSOL MÉSIQUE	An / Hm
B	1556	HISTOSOL MÉSIQUE superposé à un RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique	Hm / Hf / Hm – Gr / Gr – Hm / II H / II Gr – Hm
B	1566	HISTOSOL SAPRIQUE à horizon d'anmoor intercalé	Hs / An / Hs
B	1642	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons An décarbonatés	Anci / Hs
B	582	HISTOSOL SAPRIQUE réductique, à horizons mésiques et fibrique	Hs / Hm / Hf / Gr
B	589	RÉDUCTISOL STAGNIQUE	An / Gr / Cca
B	488	RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizons A et G humifères	Ah / Ah – Gr / Gr / Cca
B	1510	RÉDUCTISOL TYPIQUE superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE	An / An – Gr / Gr – II Hm / Hm

- Trois **HISTOSOLS MÉSIQUES** contenant plusieurs horizons histiques mésiques surmontés d'un horizon organo-minéral à anmoor (profils 12/88a, 1571 et 526). Le sondage 526 situé à La Burtignière comporte des morceaux de charbon dans les horizons histiques, pouvant peut-être révéler une zone brûlée par le passé.
- Un **HISTOSOL SAPRIQUE à horizon d'anmoor intercalé**, présent à La Burtignière (sondage 1566). La succession d'horizons histiques sapriques est coupée par un horizon organo-minéral d'anmoor. Ce sol est calcique et mésotrophe.
- Un **HISTOSOL SAPRIQUE à horizons An décarbonatés** présent à La Burtignière (profil 1642). Ce sol, basique et eutrophe, est composé d'un horizon saprique surmonté d'horizons organo-minéraux à anmoor, décarbonatés et faisant en tout 60 cm d'épaisseur.
- Un **HISTOSOL SAPRIQUE réductique, à horizons mésiques et fibrique**, à La Burtignière (profil 582), qui contient principalement des horizons histiques sapriques et mésiques. Un petit horizon fibrique est également présent. Aussi, un horizon réductique humifère comportant des traces de fer réduit (Grh) est présent vers 80 cm de profondeur. Cet histosol est calcique et eutrophe.

Parmi les sols superposés, on distingue Tableau 3.2.9) :

- Un **HISTOSOL MÉSIQUE superposé à un RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique** est présent à La Burtignière (profil 1556). Ce sol superposé contient des horizons histiques mésiques au-dessus d'horizons réductiques (Gr).

- Un **RÉDUCTISOL TYPIQUE superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE** est présent à La Burtignière, et plus précisément à La Combe des Mines (sondage 1510). Ce sol contient des horizons histiques mésiques surmontés d'horizons réductiques Gr puis d'un horizon organo-minéral à anmoor.

Parmi les réductisols, on distingue (Tableau 3.2.9) :

- Un **RÉDUCTISOL STAGNIQUE** est présent à La Burtignière (sondage 589). Il contient un horizon à anmoor (An) de 20 cm d'épaisseur à texture limoneuse, suivi d'un horizon de réductique (Gr) comportant des taches de fer réduit.
- Un **RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizons A et G humifères**, présent à La Burtignière (sondage 488), qui contient des horizons réductiques riches en matière organique (Grh) surmontés d'horizons organo-minéraux également riches en matière organique (Aho, horizon hémiorganique ; Ah, horizon humifère).

Groupe 5

Situation du groupe

Le groupe 5 est composé de 12 profils de sols. Ces derniers sont situés au Sentier, à La Burtignière ainsi qu'à Chapelle-des-Bois, avec respectivement six, trois et trois sondages (Figures 3.2.3, 3.2.4 et 3.2.5e).

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.2.3 et 3.2.10, le groupe 5 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons A*** *dans tous les profils* ***(Aca et/ou Anca et/ou Aci et/ou Anci)*** *;*
- ***d'horizons Go ou S (Sca et/ou Sci)*** *dans quelques profils ;*

ainsi que par ***l'absence :***

- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(100%) ;*
- ***de marques de réduction*** *(100%) ;*
- ***d'eau*** *(66.6%).*

Les ***marques d'oxydation*** *sont présentes dans 50% des profils. Les* ***carbonates*** *sont présents dans 58.3% des profils (les autres sont décarbonatés). Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A ou H) est de 6.2. Les profils ont une profondeur moyenne de 56.0 cm.*

L'horizon A a une épaisseur moyenne de 22.3 cm et est présent dans tous les profils sous la forme Aca et/ou Anca et/ou Aci et/ou Anci (Tableaux 3.2.3 et 3.2.10). L'horizon Go a une épaisseur de 11.7 cm et est présent dans la moitié des sondages, ceux situés au Sentier (six profils). L'horizon Go a une texture limoneuse, parfois sableuse en présence de craie lacustre, et parfois limono-argileuse. L'horizon S (sous la forme Sca et/ou Sci) est présent dans tous les sondages qui ne contiennent pas d'horizon Go (six profils), c'est-à-dire dans tous ceux qui ne sont pas situés au Sentier.

Il y a présence de traces d'hydromorphie, avec uniquement le **fer oxydé** (horizon Go). Les profils de ce groupe sont soit **carbonatés** (58.3%) ou **décarbonatés** (41.7%). **Aucune rupture minéralogique et/ou lithologique** n'est présente dans ce groupe. La plupart des profils sont **secs** (66.6%). Cependant, quelques-uns contiennent beaucoup d'humidité (profils 1352 et 508) et d'autres en renferment un peu moins (sondages 1224 et 699).

Sols présents dans le groupe

Au niveau nomenclatural, ce groupe contient un type de sol hydromorphe, un RÉDUCTISOL TYPIQUE (Figure 3.2.5e ; Tableau 3.2.10). De plus, il contient des sols non hydromorphes, secs, de types CALCOSOLS et CALCISOLS.

Les RÉDUCTISOLS TYPIQUES sont uniquement présents au Sentier (avec six sondages). Les CALCOSOLS sont présents à La Burtignière (avec un sondage) et à Chapelle-des-Bois (avec trois profils). Les CALCISOLS sont uniquement présents à La Burtignière, avec deux profils.

Tableau 3.2.10 : Détails des sondages du groupe 5 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

	N° SONDAGE	SOLS	SUCCESSION D'HORIZONS
B	485, 597	CALCISOL haplique	Aci / Aci – Sci / Sci / Cca
C	1377, 58/89b	CALCOSOL décarbonaté en surface	Aci / Aci – Sca / Cca
B C	1559 1601	CALCOSOL haplique	Aca / Aca – Sca / Sca – Cca
S	1224	RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire	Aca / Aca – Go / Go
S	1352, 1665, 699, 1395	RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre	Aca / Aca – Mcra / Mcra – Go
S	508	RÉDUCTISOL TYPIQUE leptique, fluvique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	Anci / Anca – Mcra / Mcra – Go / Mcra

Deux **CALCISOLS hapliques** (sondages 485 et 597 ; Tableau 3.2.10) à La Burtignière, contiennent un horizon organo-minéral décarbonaté ainsi qu'un horizon structural décarbonaté également.

Parmi les CALCOSOLS, on trouve (Tableau 3.2.10) :

- Deux **CALCOSOLS décarbonatés en surface**, qui sont présents à Chapelle-des-Bois (sondages 1377 et 58/89b). Ils contiennent un horizon organo-minéral décarbonaté ainsi qu'un horizon structural carbonaté.
- Deux **CALCOSOLS hapliques**, présents à Chapelle-des-Bois (profil 1601) et à La Burtignière (1559). Ce type de sol est carbonaté de la surface jusqu'en profondeur.

Parmi les RÉDUCTISOLS TYPIQUES, on distingue (Tableau 3.2.10) :

- Un **RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire** présent au Sentier (sondage 1224). Celui-ci comporte un horizon réductique carbonaté présentant des taches de fer oxydé (Go) surmonté d'un horizon organo-minéral également carbonaté.
- Quatre **RÉDUCTISOLS TYPIQUES calcaires, issus de craie lacustre** présents au Sentier (profils 1352, 1665, 699 et 1395). Ces sols comportent un horizon réductique carbonaté présentant des taches de fer oxydé (Go) surmonté d'un horizon organo-minéral également carbonaté. Ces sols sont posés sur de la craie lacustre. Cette craie lacustre est également parfois mélangée à l'horizon réductique, donnant à ce dernier une texture plus sableuse.
- Un **RÉDUCTISOL TYPIQUE leptique, fluvique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre,** présent au Sentier (profil 508). Ce sol comporte un horizon réductique carbonaté présentant des taches de fer oxydé (Go) surmonté d'un horizon organo-minéral à anmoor décarbonaté. Ce sol est posé sur une grande épaisseur de craie lacustre. Cette craie lacustre est également mélangée à l'horizon réductique.

Groupe 7

Situation du groupe

Le groupe 7 est composé de neuf profils de sols. Ces derniers sont situés au Sentier ainsi qu'à La Burtignière, avec respectivement six et trois sondages (Figures 3.2.3, 3.2.4 et 3.2.5g).

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.2.3 et 3.2.11, le groupe 7 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons A*** *dans tous les profils* ***(principalement Anci et/ou Aci)*** *;*
- ***d'horizons Go et/ou Gr et/ou g*** *dans quelques profils ;*
- ***de marques d'oxydation*** *(100%) ;*
- ***de marques de réduction*** *(100%) ;*
- ***d'un peu d'eau*** *(100%) ;*

*ainsi que par l'****absence :***

- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(100%).*

Les profils sont tous ***décarbonatés*** *(100%). Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A ou H) est de 5.9. Les profils ont une profondeur moyenne de 79.0 cm.*

L'horizon A, principalement sous la forme Anci et/ou Aci, a une épaisseur moyenne de 41.6 cm et est présent dans tous les profils (Tableaux 3.2.3 et 3.2.11). L'horizon Go est quant à lui présent dans trois profils, avec une épaisseur moyenne de 6.7 cm, et est accompagné soit d'un horizon Gr soit d'un horizon g. L'horizon Gr a une épaisseur moyenne de 18.0 cm et est présent dans deux profils (un au Sentier, un à La Burtignière). L'horizon g, d'épaisseur moyenne de 17.6 cm est présent dans cinq profils du Sentier et de La Burtignière. Les quatre profils restants comportent des traces d'hydromorphie codée –g (ex : Ccag). Les horizons g, Go et Gr ont une texture argilo-limoneuse.

Il y a présence de traces d'hydromorphie, avec des taches de **fer réduit** et de **fer oxydé**. Les profils de ce groupe sont tous **décarbonatés**. **Aucune rupture minéralogique et/ou lithologique** n'est présente dans ce groupe. Tous les profils contiennent un **peu d'eau**.

Sols présents dans le groupe

Au niveau nomenclatural, ce groupe contient des sols hydromorphes de types RÉDOXISOLS (Figure 3.2.5g ; Tableau 3.2.11) et RÉDOXISOLS réductiques, RÉDUCTISOL TYPIQUE (un profil) et RENDOSOLS – RÉDOXISOLS (trois sondages). Tous sont décarbonatés en surface.

Les RÉDOXISOLS sont présents uniquement à La Burtignière (avec deux profils). Les RÉDOXISOLS réductiques sont situés également et uniquement au Sentier avec trois profils. Le seul RÉDUCTISOL TYPIQUE est présent à La Burtignière. De plus, les RENDOSOLS – RÉDOXISOLS sont également et uniquement présents au Sentier.

Tableau 3.2.11 : Détails des sondages du groupe 7 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

	N° SONDAGE	SOLS	SUCCESSION D'HORIZONS
B	1646	RÉDOXISOL décarbonaté en surface	Anci / Acag / g
B	1644	RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface	Anci / Acig / g / Cca
S	1568	RÉDOXISOL réductique, décarbonaté en surface	Anci / gh / Gr
S	507, 698	RÉDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	Anci / Anci – g / Go – Mcra
B	570	RÉDUCTISOL TYPIQUE décarbonaté en surface, à horizon rédoxique	Aci / Acag / Go / Gr
S	1668	RENDOSOL – RÉDOXISOL décarbonaté en surface	Aci / Ccag – Aca / Ccag
S	1392	RENDOSOL – RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface	Aci / Ccag – Aca / Ccag
S	1394	RENDOSOL – RÉDOXISOL pachique, décarbonaté en surface	Aci / Aca – Ccag

Parmi les RÉDOXISOLS, on trouve (Tableau 3.2.11) :

Deux **RÉDOXISOLS décarbonatés en surface**, qui sont présents à La Burtignière (profils 1646 et 1644). Ils

contiennent un horizon organo-minéral à anmoor décarbonaté (Anci) présent en dessus d'un horizon organo-minéral hydromorphe carbonaté pour le sondage 1646 ou en dessus d'un horizon organo-minéral hydromorphe décarbonaté pour le profil 1644. Dans ce dernier, le sol est dit « leptique » car il possède un horizon rédoxique de moins de 50 cm d'épaisseur.

Parmi les RÉDOXISOLS réductiques, on trouve (Tableau 3.2.11) :

Trois **RÉDOXISOLS réductiques, décarbonatés en surface.** Un profil est présent à La Burtignière et est simplement décarbonaté en surface (1568). Les deux profils présents au Sentier sont décarbonatés en surface et reposent sur de la craie lacustre (sondages 507 et 698).

Le **RÉDUCTISOL TYPIQUE** est présent à La Burtignière (profil 570). Il est décarbonaté en surface, et possède un horizon rédoxique entre 40 et 50 cm de profondeur (Tableau 3.2.11).

Les **RENDOSOLS – RÉDOXISOLS** se trouvent au Sentier et sont décarbonatés en surface. Un sondage est dit « leptique » (profil 1392) car il possède un horizon g de moins de 50 cm de profondeur, et un autre est dit « pachique » (profil 1394) car l'horizon organo-minéral est au contraire très épais (Tableau 3.2.11).

Groupe 2

Situation du groupe

Le groupe 2 est composé de 15 profils de sols. Ces derniers sont situés au Sentier, à La Burtignière ainsi qu'à Chapelle-des-Bois, avec respectivement sept, trois et cinq sondages (Figures 3.2.3, 3.2.4 et 3.2.5b).

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.2.3 et 3.2.12, le groupe 2 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons A*** *dans tous les profils* ***(Aca et/ou Acah et/ou Acag et/ou Aci et/ou Acih et/ou Acig)*** *;*
- ***d'horizons Go et/ou g*** *dans quelques profils ;*
- ***de marques d'oxydation*** *(dans 100% des profils) ;*
- ***de marques de réduction*** *(100%) ;*

*ainsi que par l'****absence*** *:*

- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(100%) ;*
- ***d'eau*** *(93.3%).*

Les ***carbonates*** *sont présents dans 40% des profils, les autres sont décarbonatés.*
Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A ou H) est de 6.1. Les profils ont une profondeur moyenne de 57.3 cm.

L'horizon A a une épaisseur moyenne de 28.7 cm et est présent dans tous les sondages (Tableaux 3.2.3 et 3.2.12). L'horizon Go, de texture sablo-limoneuse, est quant à lui présent uniquement dans un profil situé au Sentier et fait 17.0 cm d'épaisseur. L'horizon g est présent presque dans tous les profils, et a une texture limoneuse sur le site du Sentier, et argilo-limoneuse dans les autres endroits. Les traces d'hydromorphie codées –g (taches de fer oxydé et réduit) sont présentes dans tous les profils (ex : Ccag). L'épaisseur moyenne de l'horizon g dans ce groupe est de 24.2 cm.

Il y a présence de traces d'hydromorphie, avec des **taches de fer réduit** et **de fer oxydé.** 60% des profils de ce groupe sont **décarbonatés**. **Aucune rupture minéralogique et/ou lithologique** n'est présente dans ce groupe. Tous les profils sont **secs** au moment de la description, sauf un présent au Sentier qui renferme un peu d'humidité.

Tableau 3.2.12 : Détails des sondages du groupe 2 avec les sols et les successions d'horizons associés. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

	N° SONDAGE	SOLS	SUCCESSION D'HORIZONS
C	1376	RÉDOXISOL leptique, à horizons A et S calcaires	Aca / Sca – g / g / Ccag
S	1397, 1659, 1660	RÉDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	Acih / gh / Mcrag
B	578	RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface	Anci / Acig / gh / Cca
S	1393	RÉDOXISOL réductique, calcaire, issu de craie lacustre	Acah / Acah – Mcra – g / Mcra - Go
S	1669	RÉDOXISOL surrédoxique, calcaire	Acah / g – Aca / g
S	1297	RÉDOXISOL surrédoxique, carbonaté en surface	Acah / gh / g
B	587	RÉDOXISOL surrédoxique, décarbonaté en surface	Acih / Acig / g
C	1110, 1117	RENDISOL – RÉDOXISOL leptique	Aci / Acig – Cca / Ccag
B	563	RENDOSOL – RÉDOXISOL leptique	Aca / Cacg & Cca / Cca
C	1095	RENDOSOL – RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface	Aci / Acag & Cca
S	1398	CALCOSOL – RÉDOXISOL leptique	Aca / Sca / Ccag
C	1118	CALCOSOL – RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface	Aci / Scag / Ccag

Sols présents dans le groupe

Ce groupe rassemble des RÉDOXISOLS, ainsi que des rattachements doubles (sol non hydromorphe – sol hydromorphe) tels que RENDISOL – RÉDOXISOL, RENDOSOL – RÉDOXISOL et CALCOSOL – RÉDOXISOL (Figure 3.2.5b ; Tableau 3.2.12).

Les RÉDOXISOLS sont présents au Sentier (avec six profils), à La Burtignière (avec deux profils) ainsi qu'à Chapelle-des-Bois (avec uniquement un sondage). Les RENDISOLS – RÉDOXISOLS sont présents uniquement à Chapelle-des-Bois (avec deux profils). Les RENDOSOLS – RÉDOXISOLS sont présents à La Burtignière (avec un seul profil) et à Chapelle-des-Bois (avec un seul sondage également). Les CALCOSOLS – RÉDOXISOLS sont présents au Sentier et à Chapelle-des-Bois avec un unique sondage dans chacun de ces sites.

Parmi les RÉDOXISOLS, on retrouve (Tableau 3.2.12) :

- Un **RÉDOXISOL à horizons A et S calcaires**, c'est-à-dire que seuls les premiers horizons A et S sont carbonatés (profil 1376).
- Des **RÉDOXISOLS décarbonatés en surface, issus de craie lacustre** (profils 1397, 1659, 1660). Les carbonates étaient auparavant présents dans l'entier du profil, mais ils ont été lixiviés à la surface par la pluie. La couche minérale dans le fond du profil est faite de craie lacustre et contient de nombreux petits coquillages.
- Un **RÉDOXISOL leptique**, décarbonaté en surface (sondage 578).
- Un **RÉDOXISOL réductique, calcaire, issu de craie lacustre** (sondage 1393). Un horizon Go apparaît dans le profil entre 50 et 80 cm de profondeur. De plus, l'entier du profil est carbonaté et est posé sur de la craie lacustre.
- Des **RÉDOXISOLS surrédoxiques**. Dans ceux-ci, l'horizon g apparaît à moins de 20 cm de profondeur. Certains sont soit carbonatés sur l'ensemble du profil (profil 1669), soit carbonatés seulement en surface (1297), voire décarbonatés en surface (profil 587).

Parmi les sols à double appellation « sol non hydromorphe – sol hydromorphe », on retrouve (Tableau 3.2.12) :

- Deux **RENDISOLS – RÉDOXISOLS leptiques** (profils 1110 et 1117). Ces sols ont subi une décarbonatation en surface. De plus, le qualificatif « leptique » a été ajouté pour signaler le fait que les traces d'hydromorphie apparaissent sur une épaisseur inférieure à 50 cm.
- Deux **RENDOSOLS – RÉDOXISOLS leptiques**. Comme précédemment, les traces d'hydromorphie sont présentes sur une épaisseur inférieure à 50 cm. Par contre, un profil est carbonaté sur toute la profondeur (sondage 563), alors que l'autre a subi une décarbonatation en surface (sondage 1095).
- Un **CALCOSOL – RÉDOXISOL leptique**, décarbonaté en surface (sondage 1118). Le profil, dont les traces d'hydromorphie sont présentes sur une épaisseur inférieure à 50 cm, est décarbonaté en surface.

Parmi les RÉDOXISOLS, on trouve (Tableau 3.2.12) :

- Deux **RÉDOXISOLS décarbonatés en surface**, qui sont présents à La Burtignière (profils 1646 et 1644). Ils contiennent un horizon organo-minéral à anmoor décarbonaté (Anci) présent en dessus d'un horizon organo-minéral hydromorphe carbonaté pour le sondage 1646, ou en dessus d'un horizon organo-minéral hydromorphe décarbonaté pour le profil 1644. Dans ce dernier, le sol est dit « leptique » car il possède un horizon rédoxique de moins de 50 cm d'épaisseur.

Parmi les RÉDOXISOLS réductiques, on trouve (Tableau 3.2.12) :

- Trois **RÉDOXISOLS réductiques, décarbonatés en surface.** Un sondage est présent à La Burtignière et est simplement décarbonaté en surface (1568). Les deux sondages présents au Sentier sont décarbonatés en surface et reposent sur de la craie lacustre (profils 507 et 698).
- Un **RÉDUCTISOL TYPIQUE** est présent à La Burtignière (sondage 570). Il est décarbonaté en surface, et possède un horizon rédoxique entre 40 et 50 cm de profondeur.

Les **RENDOSOLS – RÉDOXISOLS** se trouvent au Sentier et sont décarbonatés en surface (Tableau 3.2.12). Un profil est dit « leptique » (sondage 1392) car il possède un horizon g de moins de 50 cm de profondeur et un autre est dit « pachique » (profil 1394) car l'horizon organo-minéral est très épais.

Synthèse

Sur l'ensemble des sites étudiés (Figure 3.2.6), on retrouve majoritairement des RÉDOXISOLS (32%), des histosols (28%), des RÉDUCTISOLS TYPIQUES (14%) ainsi que des RÉDOXISOLS réductiques (9%). D'autres sols sont également présents, tels que les RÉDUCTISOLS STAGNIQUES (2%) ainsi que des sols à rattachement double comme les RENDOSOLS – RÉDOXISOLS (4%), les RENDISOLS – RÉDOXISOLS (2%) et les CALCOSOLS – RÉDOXISOLS (2%). Des CALCOSOLS (3%) ainsi que des CALCISOLS (2%) sont également présents dans les zones humides du Haut-Jura. Des sols particuliers y sont également trouvés, comme les sols superposés : RÉDOXISOL superposé à un histosol (1%) et RÉDUCTISOLS TYPIQUES superposés à des histosols (2%).

Les histosols sont plus présents à La Burtignière et à Chapelle-des-Bois (Figure 3.2.7). Les RÉDOXISOLS sont présents dans les trois sites, mais plus particulièrement à Chapelle-des-Bois. Les RÉDUCTISOLS TYPIQUES sont quant à eux les plus abondants au Sentier, suivis par le site de La Burtignière. Les RENDOSOLS – RÉDOXISOLS, les RENDISOLS – RÉDOXISOLS ainsi que les CALCOSOLS – RÉDOXISOLS sont plus présents au Sentier et à Chapelle-des-Bois. Les CALCOSOLS sont présents à Chapelle-des-Bois, et en moindre quantité à La Burtignière, alors qu'ils sont absents du site du Sentier. Les CALCISOLS sont quant à eux seulement présents à La Burtignière. Les sols

superposés tels que le RÉDOXISOL superposé à un histosol, et le RÉDUCTISOL TYPIQUE superposé à un histosol sont uniquement présents à La Burtignière, confirmant l'influence de l'Orbe sur ces sols.

Le site du Sentier est le plus pauvre en diversité de sols, avec seulement 6 types différents (Figure 3.2.7). Au contraire, la diversité est maximale à La Burtignière qui contient 10 sols différents. Chapelle-des-Bois est un site intermédiaire, avec 8 types de sols différents. C'est par ailleurs dans ce site que la proportion de sols plus secs est la plus importante.

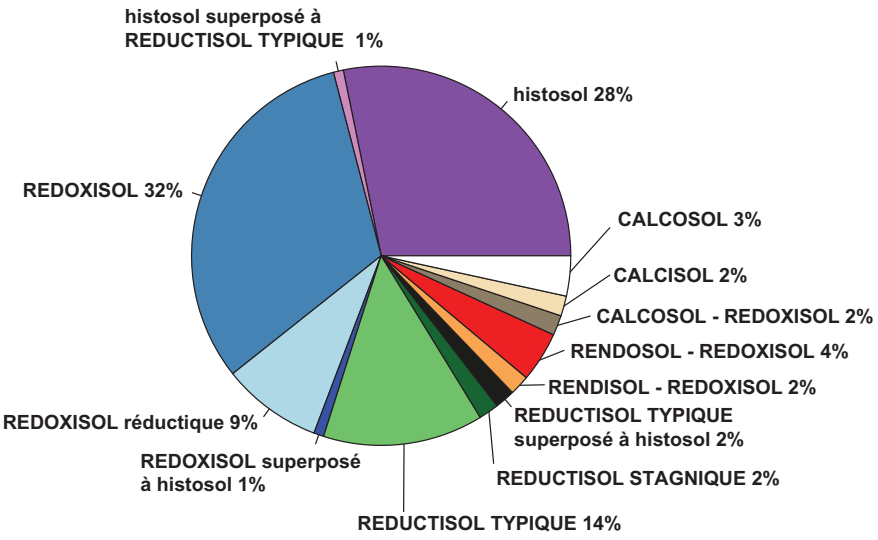


Figure 3.2.6 : Proportions des différents types de sols trouvés dans l'ensemble des trois sites étudiés.

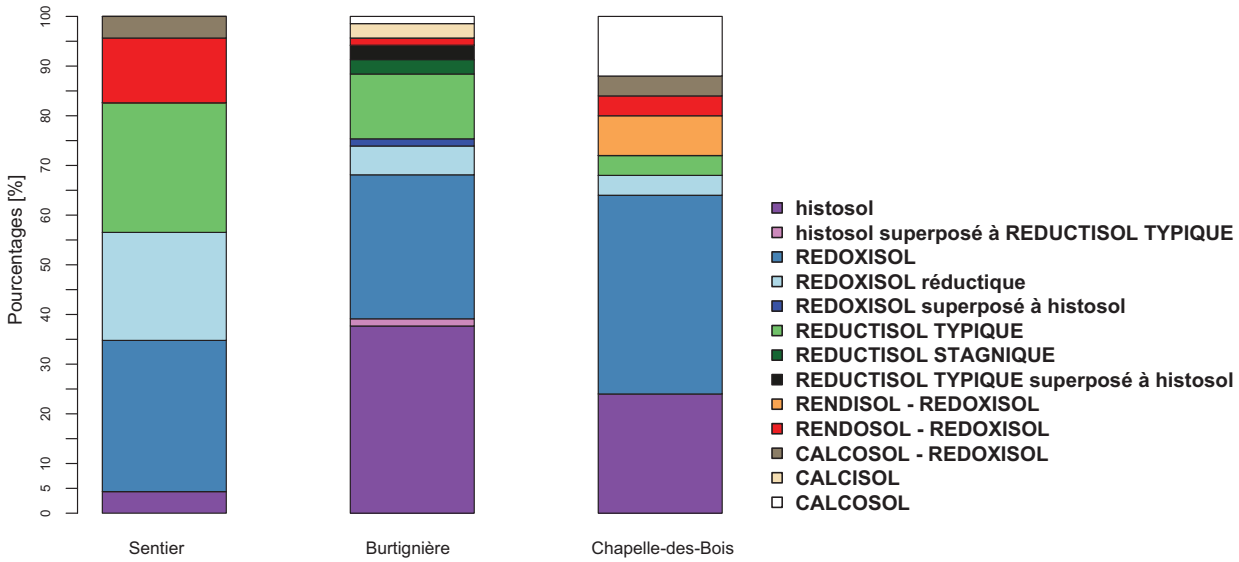


Figure 3.2.7 : Proportions des différents types de sols trouvés dans chacun des trois sites étudiés.

Figure 3.2.8 : Emplacement des sondages et répartition des types de sols sur le site de La Burtignière, à la Vallée de Joux (VD, Suisse). Orthophoto de 2008-2009 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).

Figure 3.2.9 : Emplacement des sondages et répartition des types de sol sur le site du Sentier, à la Vallée de Joux (VD, Suisse). Orthophoto de 2008 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).

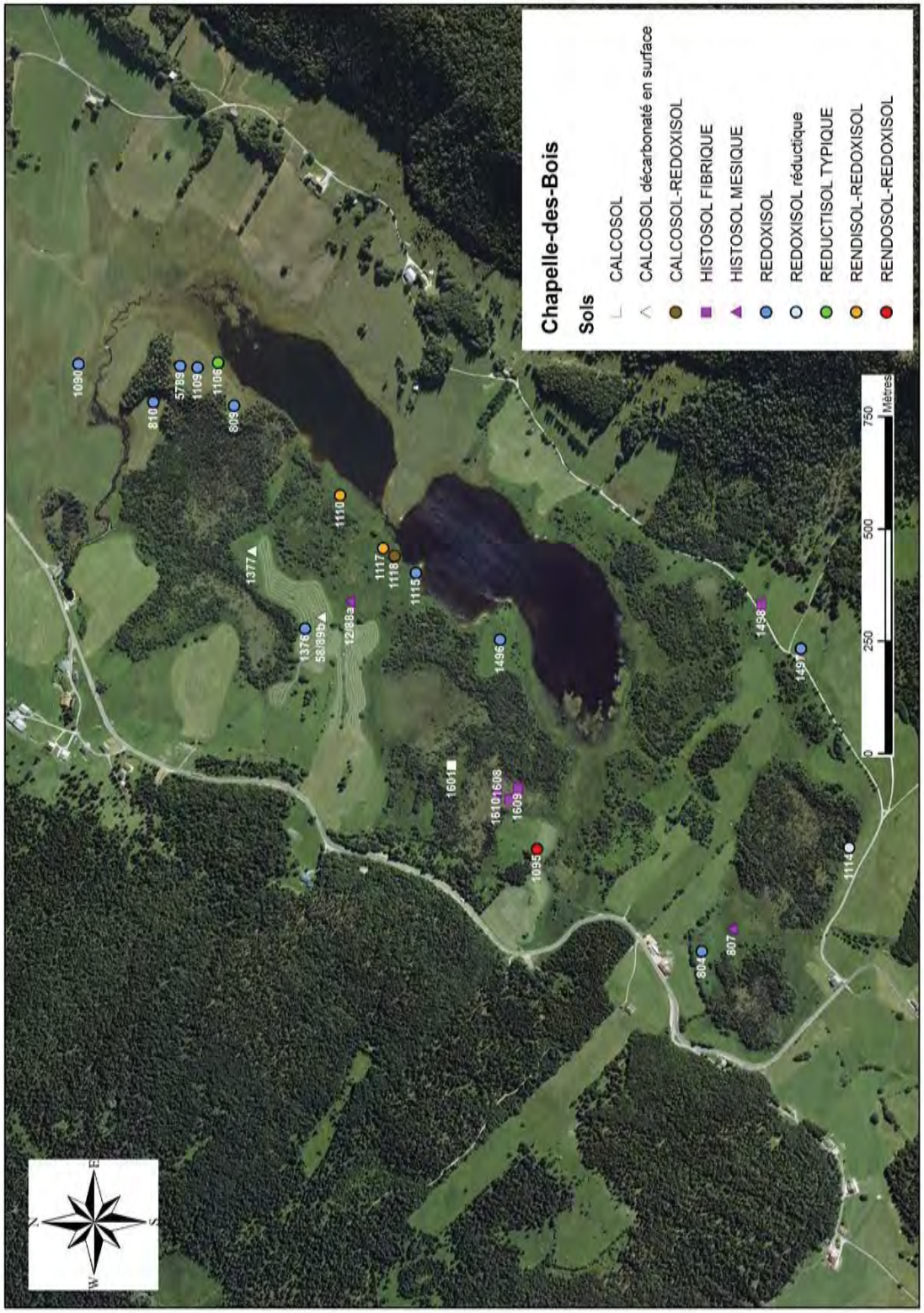


Figure 3.2.10 : Emplacement des sondages et répartition des types de sols sur le site de Chapelle-des-Bois (départements du Doubs et du Jura, France). Orthophoto BD ORTHO® 50 cm de résolution de 2010, ©IGN France 2014.

3.2.4 Discussion

Sur l'ensemble des sites d'étude, on retrouve des sols hydromorphes (histosols, RÉDUCTISOLS TYPIQUES, RÉDUCTISOLS STAGNIQUES et RÉDOXISOLS), des sols non hydromorphes (CALCISOLS et CALCOSOLS), ainsi que des sols intergrades entre ces deux catégories (RENDISOLS – RÉDOXISOLS, RENDOSOLS – RÉDOXISOLS, et CALCOSOLS – RÉDOXISOLS). De plus, des sols particuliers, les sols superposés, ont également observés.

Quelques sols sont supposés avoir subi des changements écologiques. Les critères utilisés dans cette étude, pour attester la présence de modifications ou perturbations sont :

- trace de rupture minéralogique et/ou lithologique dans le profil de sol entier, symbolisée par le paramètre du même nom utilisé dans les statistiques, qui met en évidence un apport avéré de minéral à un moment donné (ex. présence d'horizons A ou g ou G sur H ; présence de sols superposés) ;
- évidence de rupture fonctionnelle ;
- présence de successions d'horizons contraires aux règles générales, comme la présence d'horizons Hs au-dessus d'épais horizons Hf ou Hm, alors que normalement, les Hs doivent se situer en profondeur car ils sont plus dégradés (GOBAT *et al.*, 2010 ; CARRERA & BRODARD, 2014). Plus précisément, des horizons Hs plus secs situés en surface au-dessus d'horizons plus humides mais moins décomposés indiquent une dégradation en milieu oxique : ces cas peuvent représenter un assèchement en surface.

La présence de l'un de ces trois critères dans un profil laisse entrevoir qu'ils ont subi des modifications : ces critères représentent des successions d'horizons témoignant d'une rupture illogique dans le fonctionnement du profil ainsi que dans sa morphologie.

Ci-dessous suit la présentation détaillée de chaque type de sol trouvé, en fonction de leurs caractéristiques, de leurs horizons typiques, de leur situation sur les sites d'étude ainsi que de leur fonctionnement.

Tous les détails sur les sondages pédologiques et leurs sols associés sont dans les Annexes (A.5 et B.11). En ce qui concerne les différents schémas pédologiques présents dans les paragraphes ci-dessous, les légendes sont données en début de l'Annexe A.5.

REDUCTISOLS TYPIQUES et REDUCTISOLS STAGNIQUES

Les RÉDUCTISOLS TYPIQUES sont sous l'influence d'une **nappe permanente réductrice** non oxygénée (BAIZE & GIRARD, 2009). Les fluctuations saisonnières font varier cette nappe profonde, d'où un horizon Go présent au-dessus de l'horizon Gr. Ces nappes permanentes sont d'origine phréatique et sont situées sur des sédiments profonds plus ou moins filtrants de type alluvions, colluvions ou dépôts morainiques, comme des sables, des graviers ou de la craie lacustre (BUTTLER, 1987). Les pH des premiers horizons A ou H oscillent entre 5 et 7. Les RÉDUCTISOLS STAGNIQUES sont des réductisols dans lesquels la surface est saturée en eau de façon permanente (MEDDE GIS SOL., 2013) par une nappe perchée réductrice, d'origine pluviale ou d'apports latéraux comme un ruisseau. L'existence de cette nappe est possible grâce à l'existence d'un plancher argileux imperméable situé à faible profondeur. En dessous de celui-ci, les conditions réductrices sont inexistantes (MEDDE GIS SOL., 2013).

Ces sols présentent des variétés et spécificités dans chacun des sites. Cependant, dans les trois sites d'étude, les RÉDUCTISOLS TYPIQUES et les RÉDUCTISOLS STAGNIQUES se trouvent notamment dans des replats ou cuvettes en bordure des ruisseaux et rivières, ainsi qu'en bordure de lac, c'est-à-dire dans des zones connectées avec la nappe phréatique de ces derniers.

A La Burtignière, 11 RÉDUCTISOLS TYPIQUES et 2 RÉDUCTISOLS STAGNIQUES ont été observés (Figure 3.2.8 ; Tableau 3.2.13). Ils sont situés au bord de l'Orbe, de petits ruisseaux et en bordure de bas-marais et/ou de hauts-marais, et sont donc complètement liés aux nappes de ces derniers (Figure 3.2.8). Une grande variété de RÉDUCTISOLS TYPIQUES est présente dans ce site selon où ils se trouvent (Tableau 3.2.13). A Chapelle-des-Bois, seul un RÉDUCTISOL TYPIQUE a été observé (profil 1106 : Figure 3.2.10 ; Tableau 3.2.13) en bordure du lac des Mortes. Au Sentier, en bordure du lac de Joux et de l'Orbe, 6 RÉDUCTISOLS TYPIQUES ont été observés, dont 5 sont posés sur et issus de la craie lacustre (Figure 3.2.9 ; Tableau 3.2.13).

Ces sols ont besoin de la présence de nappe de rivières, de lacs ou de ruisseaux pour se développer, ce qui conduit à leur nombre important notamment à La Burtignière et au Sentier. Le site de Chapelle-des-Bois contenant également plusieurs lacs, il se peut que l'échantillonnage effectué ici dans cette étude ait sous-estimé le nombre de ces sols sur ce site.

RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizons A et/ou G humifères

Ce type de sol est présent à Chapelle-des-Bois ainsi qu'à La Burtignière (Figures 3.2.8 et 3.2.10 ; Tableau 3.2.13). Il est caractérisé par une abondante matière organique humifiée, traduisant une saturation en eau importante mais pas suffisante pour former de la tourbe (inférieure à six mois par an ; BAIZE & GIRARD, 2009), qui empêche et réduit la présence d'une faune minéralisatrice, notamment de vers de terre. Cette abondance en matière organique peut être présente dans l'horizon A ou dans l'horizon G selon la hauteur et les fluctuations de la nappe. Le pH du premier horizon A est de 5.

A Chapelle-des-Bois le seul RÉDUCTISOL TYPIQUE présent (sondage 1106 ; Figures 3.2.10 et 3.2.11) est un **RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère**. Ce sol, sur alluvions récentes, humide et sans carbonates, est situé dans une zone plate en bordure du lac des Mortes, côté est, et est donc connecté avec la nappe du lac (Figure 3.2.10). Cette nappe, fluctuante selon les saisons en surface, est permanente dans l'horizon Gr mais a tendance à remonter jusqu'à la surface du profil lors de pluies importantes et à la fonte des neiges, saturant l'horizon A. De ce fait, les conditions anoxiques dues à cette saturation d'eau ralentissent l'activité biologique. Par conséquent, la matière organique se dégrade peu ou très lentement, et s'accumule. En été, cette nappe redescend dans l'horizon Gr, laissant l'horizon dans des conditions oxiques. La faune (notamment les vers de terre) provenant très probablement du voisinage immédiat plus sec, apparaît et la matière organique peut alors être décomposée et intégrée à la matière minérale. Cette incorporation relativement efficace rend la structure de l'horizon A grumeleuse. Cependant, cette structure est détruite lors des périodes de remontée de la nappe. Ces conditions de variations saisonnières d'humidité permettent la formation d'un horizon organo-minéral particulier très riche en matière organique, de type anmoor. La matière organique est également présente dans le premier horizon réductique, d'où un horizon Grh présent, traduisant une saturation en eau plus importante et donc une dégradation moins efficace de la matière organique que dans l'horizon A. Les horizons Go y sont très mal développés, signe que la nappe est permanente et peu fluctuante en profondeur. Ce sol démontre également que la présence de zones plus sèches à proximité de zones plus humides est généralement nécessaire pour permettre à la faune de recoloniser un sol et y dégrader la matière organique.

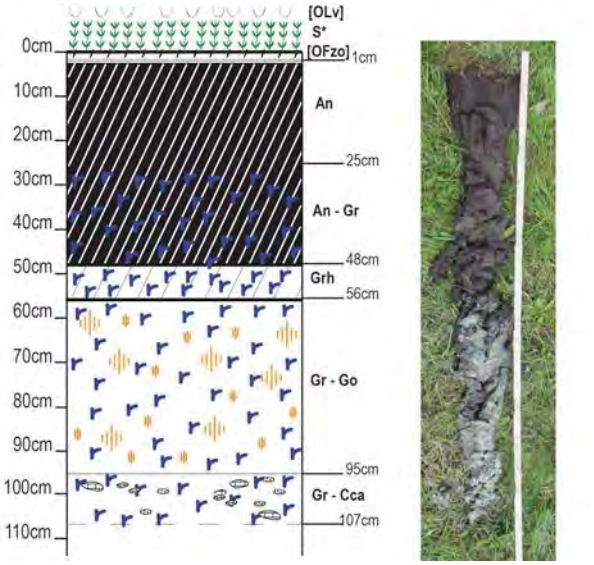


Figure 3.2.11 : Schéma pédologique du sondage 1106 (RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère).

A La Burtignière, des **RÉDUCTISOLS TYPIQUES à horizons A et/ou G humifères** sont également présents (sondages 488 et 1724) et reposent sur des alluvions récentes. Ces sols humides et ne contenant pas de carbonates, sont situés dans des pâturages en très faible pente, un sondage étant proche d'un muret (488 ; Figures 3.2.8 et 3.2.12), et le deuxième proche d'une saulaie temporairement inondée par un petit ruisseau tout proche (1724 ; Figure 3.2.8). Le sondage 488 (Figures 3.2.8 et 3.2.12), situé dans un pâturage piétiné en bas de pente contenant des touffes de joncs et des trous remplis d'eau, n'est composé que d'horizons Gr comme horizons réductiques et repose directement sur une couche minérale fragmentée et calcaire. L'eau provenant de la nappe peu fluctuante de l'Orbe sature de façon permanente l'entier du profil de sol jusqu'à une certaine profondeur, mais sans atteindre la surface, car l'endroit du sondage se situe notamment entre les trous sur une « butte ». L'eau présente dans les horizons en dessous remonte donc par capillarité pour atteindre un peu l'horizon Ah. De ce fait, ces conditions humides ralentissent l'activité de la faune et réduisent l'abondance de cette dernière. La minéralisation secondaire de la matière organique est donc très ralentie, provoquant par conséquent une accumulation relativement importante de cette dernière en surface ainsi que dans les horizons situés plus en profondeur. Il en va de même pour le profil 1724 qui, lui, est lié à la nappe permanente et peu fluctuante du petit ruisseau tout proche. Cette nappe située à faible profondeur remonte dans le profil jusqu'à la surface et sature durant toute l'année le profil. Des cas semblables relatant le rôle puissant de petits ruisseaux et de leur nappe sur la saturation en eau ont été observés dans la Grande Cariçaie : le petit ruisseau présent parvenait à maintenir une nappe dans une forêt, alors que la nappe du lac tout proche n'y parvenait pas (GOBAT, comm. pers.). Le profil de sol étudié dans cette étude, composé majoritairement d'horizon réductique réduit (Gr), contient cependant quelques traces d'oxydation. Ces marques traduisent vraisemblablement une aération très fugace de ce sol en été. Cependant, cette nappe est passablement saturante durant l'ensemble de l'année, ce qui va influencer directement la dégradation de la matière organique (et particulièrement la minéralisation secondaire) et provoquer son accumulation, notamment ici dans les horizons supérieurs.

Par ailleurs, dans ces deux sondages, dû à leur situation dans un pâturage à vaches, le piétinement de ces animaux fait sur le sol peut également compacter les horizons supérieurs, favorisant la présence de l'eau en surface et en profondeur, et par conséquent favorisant également la formation d'horizons humifères (Ah et Grh dans le cas de ces deux profils).

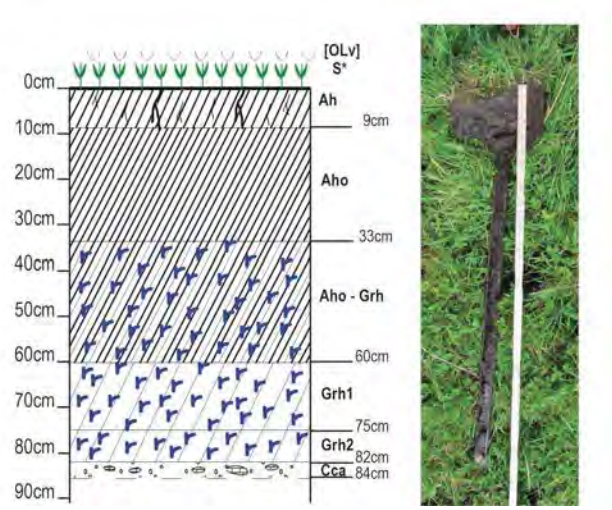


Figure 3.2.12 : Schéma pédologique du sondage 488 (RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizons A et G humifères).

Tableau 3.2.13 : Réductisols présents dans les sites étudiés, et avec le groupe auquel ils appartiennent.

LIEU	NOM DU SOL	N° SONDAGE	GROUPE
Chapelle-des-Bois	RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère	1106	1
Sentier	RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire	1224	5
	RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre	1352, 1665, 699	5
	RÉDUCTISOL TYPIQUE leptique, fluvique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	508	5
	RÉDUCTISOL TYPIQUE, calcaire, issu de craie lacustre, à horizon A humifère en surface	1395	5
Burtignière	RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère, à horizon saprique de profondeur	497	3
	RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique	1719	1
	RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique, à horizons A et G humifères	1574	1
	RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique, à horizons G humifères	525	3
	RÉDUCTISOL TYPIQUE décarbonaté en surface, à horizon rédoxique, à horizon A humifère en surface	570	7
	RÉDUCTISOL TYPIQUE surrédoxique, à horizon A et G humifères	529	3
	RÉDUCTISOL TYPIQUE	1511	1
	RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizons A et G humifères	488	4
	RÉDUCTISOL TYPIQUE leptique, à horizons A humifères en surface	1724	1
	RÉDUCTISOL STAGNIQUE leptique	520	1
	RÉDUCTISOL STAGNIQUE	589	4

RÉDUCTISOL TYPIQUE issu de craie lacustre

Ce type de sol est présent uniquement au Sentier, avec 6 **RÉDUCTISOLS TYPIQUES**, dont 5 sont posés sur et **issus de la craie lacustre** (Tableau 3.2.13). Ils font tous partie du groupe 5 (Figure 3.2.5) et sont tous situés dans des zones à microtopographie plate ou dans des cuvettes pouvant être parfois inondées (Figure 3.2.9). Le pH de leur premier horizon A est basique (entre 6 et 7). Deux profils sont situés en bordure de l'Orbe (1395 et 699 ; Figures 3.2.9 et 3.2.13), à son embouchure. Deux autres profils sont situés au bord du lac de Joux (1224 et 1665 ; Figure 3.2.9). Les deux sondages restants sont situés dans la prairie à choin ferrugineux, dans une zone très humide et pouvant être inondée, proche d'un petit ruisseau (1352 et 508 ; Figure 3.2.9).

Ces sols sont caractérisés par la présence de craie lacustre. Ils sont carbonatés sur l'entier du profil, ceci à cause de cette craie lacustre, qui a la propriété d'être, sur ce site, carbonatée et poreuse (RECORDON, 1972). Le pH des horizons d'enracinement est donc assez élevé. Seul un profil est décarbonaté en surface (508), et se situe dans une cuvette constamment inondée. Également suite à la porosité de la craie lacustre, les profils de sols de

cette zone peuvent être caractérisés par des conditions plus ou moins sèches selon la hauteur de la nappe du lac de Joux. En effet, grâce au fait que la craie est poreuse, friable et perméable à l'eau, cette dernière peut remonter facilement dans le profil, et redescendre tout aussi aisément. Elle présente ainsi une bonne capillarité et peut constituer une bonne réserve en eau (RECORDON, 1972).

Tous ces RÉDUCTISOLS TYPIQUES ont la caractéristique d'avoir uniquement un horizon réductique temporaire (Go) comme horizon réductique. En effet, aucun horizon Gr n'est présent dans ces profils. Cet horizon réductique oxydé reflète que les RÉDUCTISOLS TYPIQUES de ce site subissent des périodes de non-saturation en eau, et donc d'abaissement de la nappe permanente (qui provient de l'Orbe ou du lac selon la situation du profil). Ceci provoque une aération des horizons supérieurs et donc une augmentation de l'activité biologique, ce qui a pour conséquence une minéralisation de la matière organique ainsi qu'une libération de gaz carbonique (SCHAEFER, 1966 ; BUTTLER, 1987). Ce CO_2 est entraîné par la nappe dans les profondeurs et permet la solubilisation du fer, qui remonte dans le haut du solum et s'y oxyde, d'où la formation de taches d'oxydation près de la surface. Il en va de même pour les carbonates, très présents dans ces sols (SCHAEFER, 1966 ; BUTTLER, 1987). Ces carbonates, sous l'effet du CO_2 et de l'eau, se transforment en bicarbonates de calcium solubles, ce qui provoque une décarbonatation des horizons supérieurs. Ces bicarbonates de calcium peuvent ensuite être entraînés grâce à la nappe dans les horizons aérés. En contact avec l'air, l'eau et le CO_2 que ces horizons contiennent sont libérés et permettent la recarbonatation de ces horizons aérés ainsi que la formation de concrétions calcaires (SCHAEFER, 1966 ; BUTTLER, 1987).

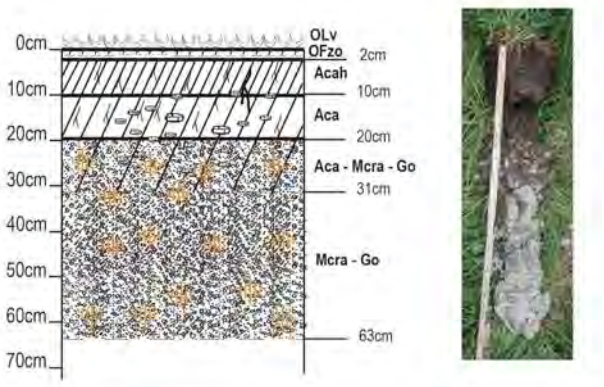


Figure 3.2.13 : Schéma pédologique du sondage 1395 (RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre, à horizon A humifère en surface).

RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique

L'unique sol de ce type est présent à La Burtignière (sondage 1719) dans une zone à faible pente et reposant sur la moraine de fond jurassienne (Figures 3.2.8 et 3.2.14 ; Tableau 3.2.13). Il est présent dans un pâturage au bord de la route principale et en bordure d'un petit ruisseau provenant de la tourbière (Figure 3.2.8). Humide et sans carbonates, ce sol est caractérisé par la présence d'horizons histiques en surface (pH 5). Par le passé, la nappe stable du ruisseau tout proche est remontée et a saturé l'ensemble du profil jusqu'à la surface. Cette saturation permanente en eau, additionnée aux eaux pluviales ainsi qu'à la faible pente de la zone, a permis la formation de tourbe à la surface du profil.

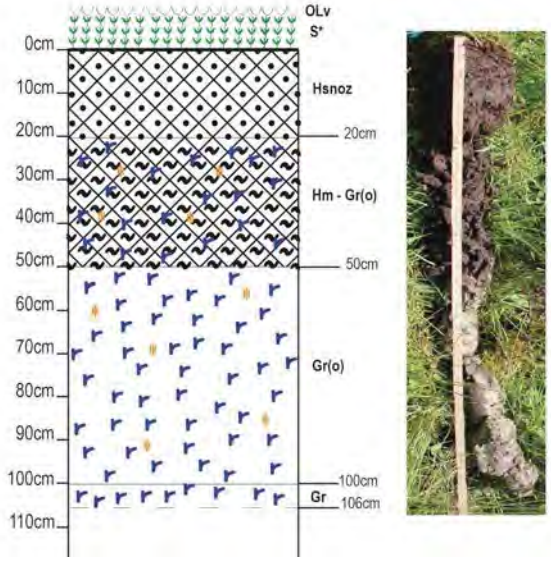


Figure 3.2.14 : Schéma pédologique du sondage 1719 (RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique).

Cependant, en regardant plus attentivement la surface du profil (Figure 3.2.14), on peut remarquer que cette tourbe est composée d'un horizon histique saprique non zoogène (Hsnoz), c'est-à-dire d'un horizon contenant de la tourbe décomposée. Ainsi, actuellement, dans cet environnement encore humide et acide, les bactéries anaérobies sont probablement abondamment présentes en surface et permettent ainsi d'humifier la tourbe. La faune, avec les vers de terre anéciques par exemple, peut rapidement apparaître si le sol s'assèche. Si sa surface révèle au contraire des conditions plus sèches et plus basiques, on peut assister à une évolution qui mènera peut-être à une modification de la zone et de sa végétation. L'accumulation de tourbe est actuellement nulle.

RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon saprique de profondeur

Le sondage 497 situé à La Burtignière possède également des horizons histiques, mais cette fois en profondeur ; c'est un **RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon saprique de profondeur** (Figures 3.2.8 et 3.2.15 ; Tableau 3.2.13). Ce sol (pH 5), sans carbonates et sec, repose sur des alluvions récentes. Il se situe dans une zone plate au bord de l'Orbe, sur la rive droite, proche du haut-marais de Praz-Rodet (Figure 3.2.8). Par le passé, des couches minérales, provenant probablement de l'Orbe lors de crues ou lors de la fonte des neiges, se sont déposées sur la tourbe existante (Figure 3.2.15). Dès lors, la nappe permanente de l'Orbe oscille saisonnièrement dans le profil, d'où un horizon réductique temporairement ré-oxydé (Go) présent en dessus de l'horizon réductique réduit (Gr)

ainsi que d'un horizon organo-minéral à anmoor. Ce dernier indique que les conditions actuelles alternent entre périodes sèches en été et périodes plus humides de remontée de nappe lors des pluies ou de la fonte des neiges.

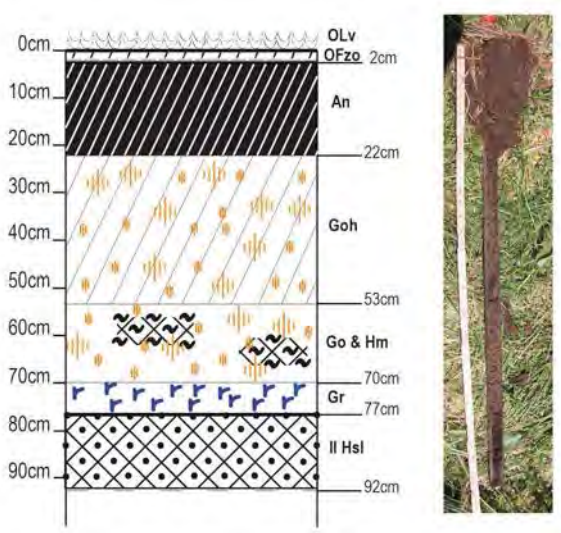


Figure 3.2.15 : Schéma pédologique du sondage 497 (RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère, à horizon saprique de profondeur).

RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique et RÉDUCTISOL TYPIQUE surrédoxique

Dans quatre autres RÉDUCTISOLS TYPIQUES présents à La Burtignière, il y a présence de traits ou d'horizons rédoxiques (–g ou g) au-dessus des horizons réductiques, et ce sur une faible épaisseur (sondages 1574, 525, 570, 529 ; Tableau 3.2.13 ; Figure 3.2.8). Dans trois de ces sondages, l'horizon rédoxique apparaît dans les horizons supérieurs, entre 25 et 40 cm de profondeur. Ce sont des **RÉDUCTISOLS TYPIQUES à horizon rédoxique** (1574, 525 et 570 ; Tableau 3.2.13 ; Figures 3.2.8 et 3.2.16), situés respectivement dans un pâturage en très faible pente et reposant sur une moraine de fond jurassienne (1574 ; Figure 3.2.8), dans une zone plate au bord de l'Orbe sur alluvions récentes (525 ; Figure 3.2.8), ainsi qu'à plat au bord de l'Orbe et d'un ruisseau reposant également sur alluvions récentes (570 ; Figures 3.2.8 et 3.2.16). Ces sols (pH 5 en surface) ne contiennent aucun carbonates, sauf le sondage 570 qui en contient. Ces sols sont également caractérisés en surface par la présence d'un horizon organo-minéral contenant beaucoup de matière organique (Figure 3.2.16). Ainsi, selon la situation du profil, la nappe fluctue saisonnièrement dans le profil, d'où l'apparition d'horizons Go en dessus des horizons Gr saturés en eau tout au long de l'année. Les horizons rédoxiques (g) présents indiquent l'existence d'une nappe perchée et donc que les pluies pénètrent dans le sol par la surface et s'accumulent dans l'horizon g pour atteindre l'horizon Ag. Parfois, l'horizon g se situe à de plus grandes profondeurs dans le profil (mais au-dessus des horizons réductiques G), indiquant que la zone plancher de la nappe perchée est située plus en profondeur, et qu'il faudra plus d'eau pour que cette nappe atteigne la surface du profil. Cependant, selon la hauteur de cette nappe perchée, l'eau peut atteindre la surface et influencer par conséquent directement la décomposition de la matière organique dans l'horizon organo-minéral. Ce dernier est alors composé de matière organique humifiée qui s'accumule et qui ne peut pas être minéralisée à cause des conditions humides, des carbonates (qui bloquent la minéralisation secondaire ; JABIOL *et al.*, 2007), ou tout simplement par l'absence de la faune spécialisée.

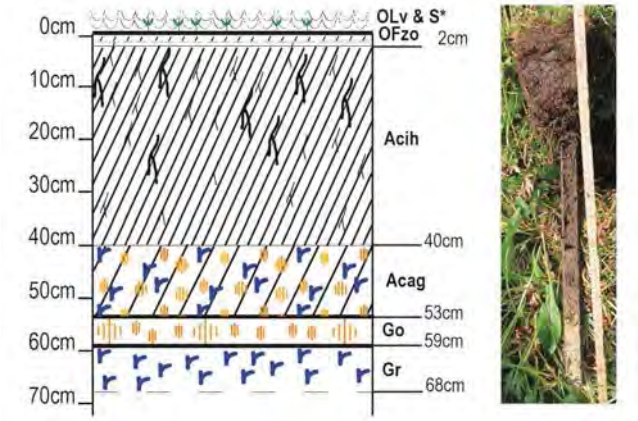


Figure 3.2.16 : Schéma pédologique du sondage 570 (RÉDUCTISOL TYPIQUE décarbonaté en surface, à horizon rédoxique, à horizon A humifère en surface).

Dans le dernier profil (529 ; Tableau 3.2.13 ; Figures 3.2.8 et 3.2.17), situé en bordure de l'Orbe sur alluvions récentes, plus précisément sur sa rive droite, l'horizon rédoxique apparaît avant 20 cm de profondeur, ce qui montre une intensité plus importante de l'engorgement en surface. Ce sol est un **RÉDUCTISOL TYPIQUE surrédoxique**. Le plancher imperméable de la nappe perchée est haut, ce qui fait que ce sol est « rempli » avec peu d'eau. Cette eau peut donc atteindre fréquemment la surface, tout en y influençant la dégradation de la matière organique.

Dans ces deux cas, ces deux types de RÉDUCTISOLS TYPIQUES se situent dans des endroits plats (Figure 3.2.8), ce qui favorise la présence d'une nappe perchée temporaire en surface probablement liée aux pluies, et surplombant la nappe permanente et fluctuante de l'Orbe, de la tourbière ou du ruisseau selon l'emplacement du profil.

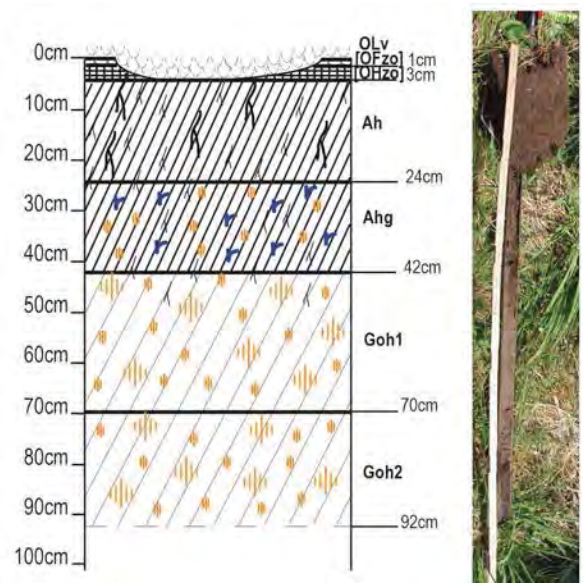


Figure 3.2.17 : Schéma pédologique du sondage 529 (RÉDUCTISOL TYPIQUE surrédoxique, à horizons A et G humifères).

RÉDUCTISOL TYPIQUE

Un RÉDUCTISOL TYPIQUE « normal » est trouvé dans une zone de tourbière située au-dessus de La Burtignière, au lieu-dit de la Combe des Mines (profil 1511 ; Tableau 3.2.13 ; Figures 3.2.8 et 3.2.18). Ce sol (pH 5), reposant sur une moraine de fond jurassienne, sans carbonates et humide, est situé entre le bord Est de cette tourbière et un affleurement rocheux. Il comporte la succession d'horizons caractéristiques d'un RÉDUCTISOL TYPIQUE (A / Go / Gr ; Figure 3.2.18). La nappe permanente de la tourbière fluctue de façon plus ou moins importante selon les saisons et les précipitations, d'où des horizons réductiques Go temporairement ré-oxydés et très bien développés présents au-dessus des horizons réductiques permanents (Gr). La surface peut être atteinte par capillarité par l'eau, ce qui peut freiner la dégradation de la litière. Cependant, cette eau n'est pas assez présente pour bloquer la minéralisation de la matière organique et son incorporation à la matière minérale dans l'horizon A.

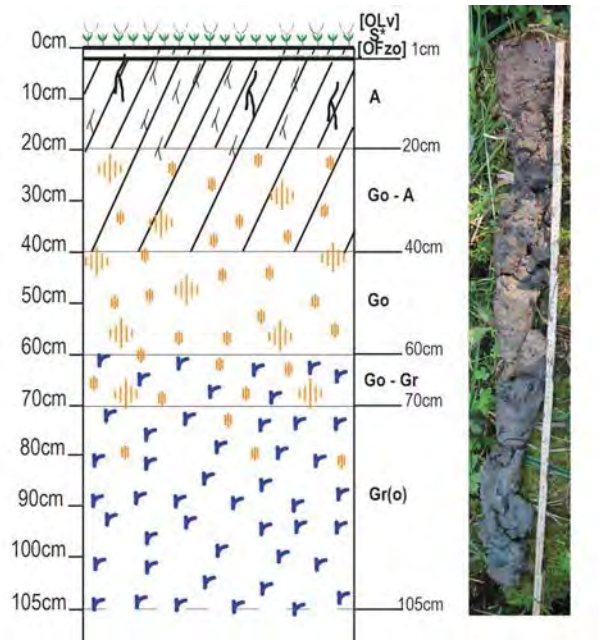


Figure 3.2.18 : Schéma pédologique du sondage 1511 (RÉDUCTISOL TYPIQUE).

RÉDUCTISOL STAGNIQUE / RÉDUCTISOL STAGNIQUE leptique

Le RÉDUCTISOL STAGNIQUE est un réductisol dans lequel la surface est saturée en eau de façon permanente (MEDDE GIS SOL., 2013). Cette nappe perchée réductrice, d'origine pluviale (sondage 520 ; Figure 3.2.8 ; Tableau 3.2.13) ou provenant d'apports latéraux comme un ruisseau (sondage 589 ; Tableau 3.2.13 ; Figures 3.2.8 et 3.2.19), est possible grâce à l'existence d'un plancher argileux imperméable situé à faible profondeur. En dessous de celui-ci, les conditions réductrices sont inexistantes (MEDDE GIS SOL., 2013). Dans les sites d'étude, ce fonctionnement concerne deux profils situés à La Burtignière (profils 520 et 589), respectivement en bordure de l'Orbe sur alluvions récentes et en bordure d'un ruisseau sur une moraine de fond jurassienne (Tableau 3.2.13 ; Figures 3.2.8 et 3.2.19). La présence d'eau en surface, ainsi que l'alternance des conditions anoxiques et oxiques qui règnent dans ces profils, permet par conséquent la formation d'un horizon organo-minéral An particulier, très noir donc riche en matière organique, pâteux et collant. Le pH de l'horizon A est de 6.

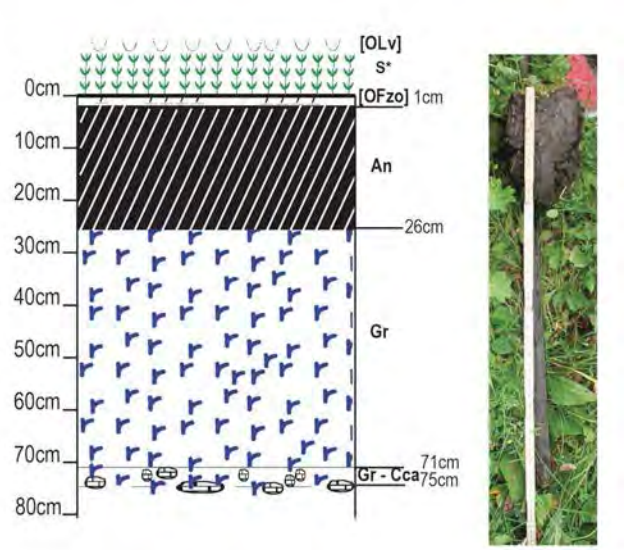


Figure 3.2.19 : Schéma pédologique du sondage 589 (RÉDUCTISOL STAGNIQUE).

REDOXISOLS

Les RÉDOXISOLS sont des sols possédant des horizons imperméables souvent riches en argile, au-dessus desquels se forme une nappe temporaire. Cette nappe perchée est en général alimentée par les pluies, mais parfois par les eaux provenant de ruissellement. Plus ou moins riche en oxygène, cette nappe est importante en période hivernale ainsi qu'au printemps à la fonte des neiges, et peut exister jusqu'à la surface du profil. Au contraire, elle disparaît en été, en période de sécheresse. Ces engorgements temporaires sont symbolisés par des horizons comportant une juxtaposition des processus d'oxydation et de réduction du fer, qui est la caractéristique d'une distribution hétérogène de cet élément.

Ces sols présentent des variétés et spécificités dans chacun des trois sites (Tableau 3.2.14 ; Figures 3.2.8, 3.2.9 et 3.2.10). Ils se trouvent notamment dans des cuvettes ou des zones plates, en bordure des ruisseaux et rivières, ainsi qu'en bas de pente et dans les pentes, c'est-à-dire dans des zones d'alluvionnement et de colluvionnement. Ils sont tous basés sur un socle imperméable composé de marnes et de molasse du Tertiaire sur lequel s'ajoutent les moraines déposées par les glaciers au Quaternaire.

A La Burtignière, 24 RÉDOXISOLS ont été observés (Tableau 3.2.14 ; Figure 3.2.8). Beaucoup sont situés au bord de l'Orbe et de petits ruisseaux, dans des zones d'alluvionnement (Figure 3.2.8). D'autres sont situés dans des pâturages en bas de pente, là où il y a ruissellement et colluvionnement (Figure 3.2.8). Une grande variété de RÉDOXISOLS est présente dans ce site (Tableau 3.2.14). A Chapelle-des-Bois, 11 RÉDOXISOLS ont été observés en bordure du lac des Mortes, du lac de Bellefontaine et du ruisseau des Mortes, ainsi que dans les pentes et les bas de pentes, où il y a possibilité de ruissellement et de colluvionnement (Figure 3.2.10). Au Sentier, 12 RÉDOXISOLS ont été observés. Ils sont situés dans des cuvettes, en bas de pente en bordure des prairies fauchées et parfois pâturées, ainsi qu'en bordure du lac de Joux (Figure 3.2.9).

Ces sols ont besoin de conditions fort variées pour leur installation, ce qui conduit à leur nombre important dans les trois sites d'étude.

RÉDOXISOL réductique

Les **RÉDOXISOLS réductiques** sont présents dans les trois sites d'étude (Tableau 3.2.14 ; Figures 3.2.8, 3.2.9 et 3.2.10). Ils ont tous la particularité d'avoir une nappe en profondeur comme les réductisols ainsi qu'une nappe perchée en surface due à une discontinuité structurale ou texturale. Le pH du premier horizon A est de 6.
Au Sentier, cinq RÉDOXISOLS réductiques sont présents, dont trois sont issus de craie lacustre (sondages 1393, 507 et 698 ; Tableau 3.2.14 ; Figures 3.2.9 et 3.2.20). Ces sols sont situés dans des cuvettes, et sont très peu humides. La nappe du lac remonte dans le profil (Figure 3.2.20). De plus, en surface, une nappe perchée est plus ou moins présente selon les quantités d'eau pénétrant par ruissellement superficiel (eau riche en oxygène), ce qui se traduit par une abondance de matière organique humifiée dans l'horizon organo-minéral. L'eau influence par conséquent directement la présence de faune et donc l'accumulation de cette matière humifiée dans cet horizon.

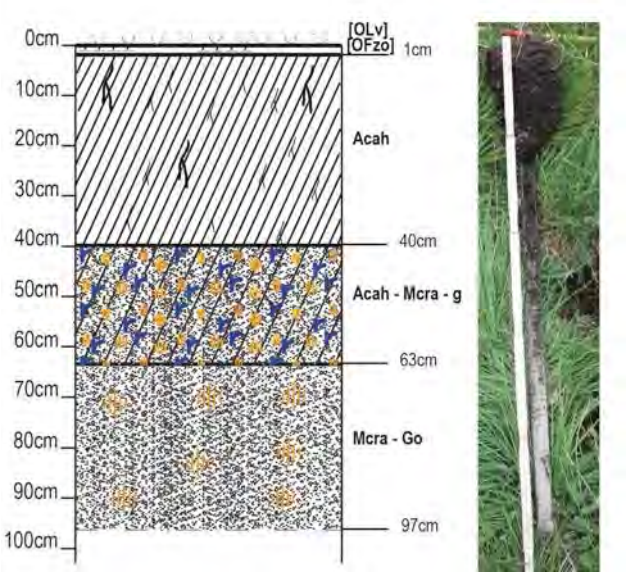


Figure 3.2.20 : Schéma pédologique du sondage 1393 (RÉDOXISOL réductique, calcaire, issu de craie lacustre, à horizons A humifères).

Deux sondages, situés au Sentier et à Chapelle-des-Bois sur des alluvions récentes, possèdent des horizons A et/ou g humifères et sont situés respectivement dans une prairie (1296 ; Figures 3.2.9 et 3.2.21) et en bordure d'une haie dans une pente (1114 ; Figure 3.2.10). Dans ces cas, la nappe phréatique en profondeur fluctue (Figure 3.2.21). De l'eau arrivant par la surface lors des pluies ou par ruissellement influence la dégradation de la matière

organique et son incorporation à la matière minérale dans l'horizon organo-minéral.

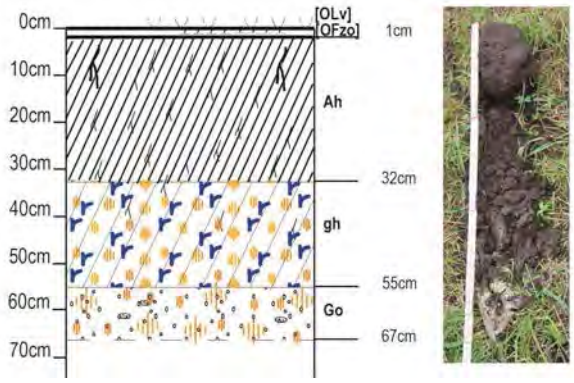


Figure 3.2.21 : Schéma pédologique du sondage 1296 (RÉDOXISOL réductique, à horizons A et g humifères).

Les quatre RÉDOXISOLS réductiques présents à La Burtignière (Tableau 3.2.14) sont situés sur des alluvions récentes, dans des zones concaves pouvant se remplir facilement d'eau (Figure 3.2.8). Deux d'entre eux comportent des horizons histiques et sont notamment présents en bordure de l'Orbe (534 ; Figures 3.2.8 et 3.2.22) ou d'un ruisseau (profil 567, Figure 3.2.8). Dans ce cas, grâce aux apports minéraux de ces derniers, un plancher plus imperméable s'est formé par le passé et l'eau a pu rester dans les horizons supérieurs, ce qui a par conséquent permis à la tourbe de se former. Deux autres RÉDOXISOLS réductiques ont un horizon rédoxique proche de la surface, synonyme que le plancher imperméable est situé à faible profondeur dans le profil ou que le niveau d'eau de la nappe perchée est élevé ; ce sont des RÉDOXISOLS réductiques surrédoxiques (Tableau 3.2.14). Ces sols sont situés en bas de pente (profil 1565 ; Figures 3.2.8 et 3.2.23) et en bordure de l'Orbe (562 ; Figure 3.2.8). Cette eau présente durant moins de six mois par an (sinon, tourbe) en surface permet à l'horizon organo-minéral d'être assez riche en matière organique humifiée (Ah).

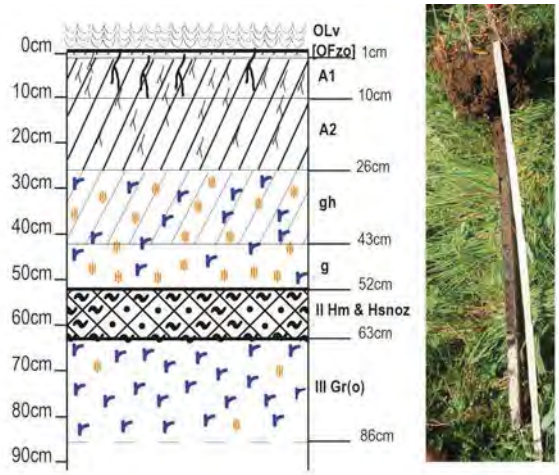


Figure 3.2.22 : Schéma pédologique du sondage 534 (RÉDOXISOL réductique, à horizon g humifère en surface, à horizon histique).

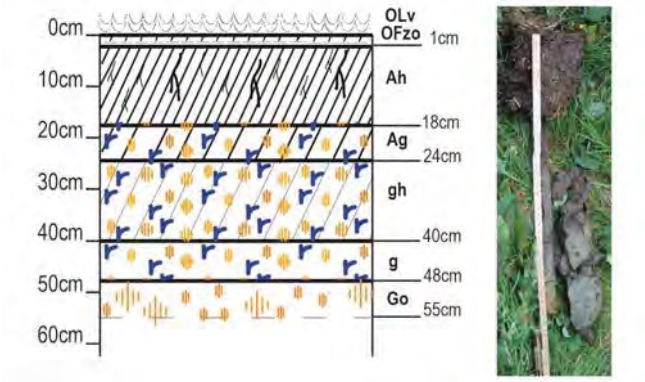


Figure 3.2.23 : Schéma pédologique du sondage 1565 (RÉDOXISOL réductique, surrédoxique, à horizons A et g humifères).

RÉDOXISOL surrédoxique

Les RÉDOXISOLS surrédoxiques possèdent un ou plusieurs horizons g apparaissant avant 20 cm de profondeur, c'est-à-dire que le plancher imperméable est situé à une très faible profondeur dans le profil ou que le niveau d'eau de la nappe perchée est élevé. Ils sont présents dans les trois sites d'étude (Tableau 3.2.14 ; Figures 3.2.8, 3.2.9 et 3.2.10). Le pH du premier horizon A oscille entre 5 et 7, atteignant une valeur de 7 pour les sols carbonatés.

Cette saturation en eau temporaire des horizons supérieurs (A et/ou g) du profil retarde la minéralisation de la matière organique (JABIOL *et al.*, 2007), d'où la présence d'horizons organo-minéraux A et/ou rédoxiques humifères en haut de beaucoup de profils selon la hauteur de la nappe perchée (Chapelle-des-Bois : sondages 804, 809, 1090, 1109, 810, 1497, 1496 et 5789 ; Burtignière : sondages 1513, 498, 587, 1570 ; Sentier : sondages 1670, 1297 et 1669 ; Tableau 3.2.14 ; Figures 3.2.8, 3.2.9 et 3.2.10). Parmi ces profils à horizons A et/ou g humifères, quelques-uns, notamment ceux situés à Chapelle-des-Bois dans des prairies à humidité variable en bordure des lacs des Mortes et de Bellefontaine (sur alluvions récentes : profils 809, 1090, 1109, 810 et 5789 ; Figure 3.2.10 ; Tableau 3.2.14), contiennent un horizon rédoxique très peu épais, et sont dits « leptiques ». Ces sols sont situés dans de légères pentes sur des cordons morainiques (Figure 3.2.10). Ainsi, bien que les précipitations soient abondantes, une partie de cette eau pluviale ruisselle le long de la pente et ne pénètre pas dans le solum. On peut aussi supposer que l'eau pénètre dans le solum, mais que la pente assure un drainage assez rapide et donc empêche une stagnation d'eau trop importante dans le profil. Un autre sondage au Sentier, situé dans une prairie de fauche en bordure d'un petit sentier reposant sur des alluvions récentes, contient un horizon organo-minéral humifère carbonaté ainsi qu'un premier horizon rédoxique humifère sans carbonates (profil 1297 ; Figures 3.2.9 et 3.2.24). La situation est analogue à celle de certains réductisols (cf. plus haut).

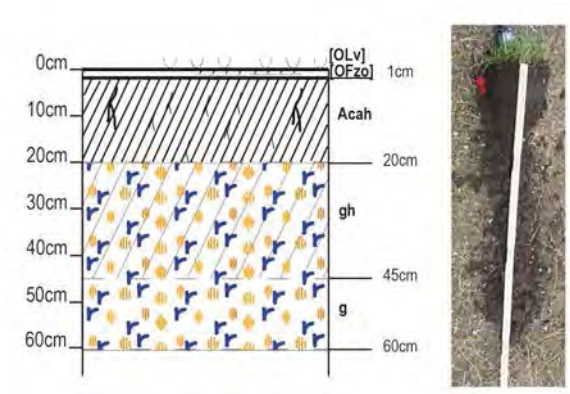


Figure 3.2.24 : Schéma pédologique du sondage 1297 (RÉDOXISOL surrédoxique, carbonaté en surface, à horizons A et g humifères).

Au Sentier, reposant sur des alluvions récentes, un autre **RÉDOXISOL surrédoxique à horizon A humifère** est présent dans un bas-marais (sondage 1669 ; Figures 3.2.9 et 3.2.25 ; Tableau 3.2.14) en bordure du lac de Joux. Ce sol est calcaire jusqu'en surface. Dans ce profil, il semble que la minéralisation secondaire soit également bloquée par l'abondance des ions Ca^{2+} (JABIOL *et al.*, 2007), d'où la présence d'horizons Ah.

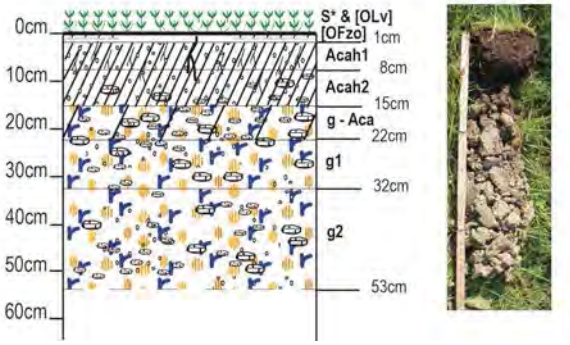


Figure 3.2.25 : Schéma pédologique du sondage 1669 (RÉDOXISOL calcaire, surrédoxique, à horizons A humifères en surface).

A La Burtignière, un **RÉDOXISOL surrédoxique à horizon A humifère et décarbonaté en surface** est présent en bordure de l'Orbe (sondage 587 ; Figures 3.2.8 et 3.2.26 ; Tableau 3.2.14) et repose sur des alluvions récentes. Les carbonates de ce sol sont vraisemblablement en train d'être entraînés par les eaux de pluie dans les horizons plus en profondeur. Aucune analyse granulométrique n'a été fait pour confirmer ceci, mais il se peut que ces horizons soient un peu plus poreux, permettant de laisser passer l'eau. La transformation de la matière organique humifiée (notamment la minéralisation secondaire) est un peu ralentie à cause de la nappe perchée temporaire, ce qui se traduit par un horizon Ah en surface (Figure 3.2.26). Enfin un autre sol calcaire présent à La Burtignière, également sur alluvions récentes, possède un horizon saprique ainsi qu'un horizon réductique en profondeur (profil 1570 ; Figures 3.2.8 et 3.2.27 ; Tableau 3.2.14). Ce sol, situé à proximité d'un ruisseau provenant de pâturage, est soumis en profondeur à la nappe réductrice de ce dernier, mais également à ses crues et aux pluies. Aussi, par le passé des périodes calmes se sont installées et ont favorisé la formation de tourbe. La nappe perchée et temporaire est présente jusqu'à 1 m de profondeur (Figure 3.2.27).

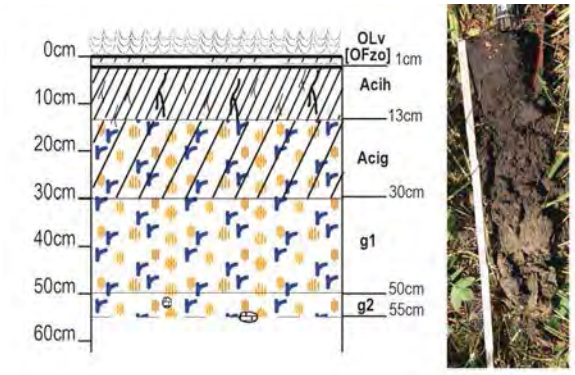


Figure 3.2.26 : Schéma pédologique du sondage 587 (RÉDOXISOL surrédoxique, décarbonaté en surface, à horizon A humifère en surface).

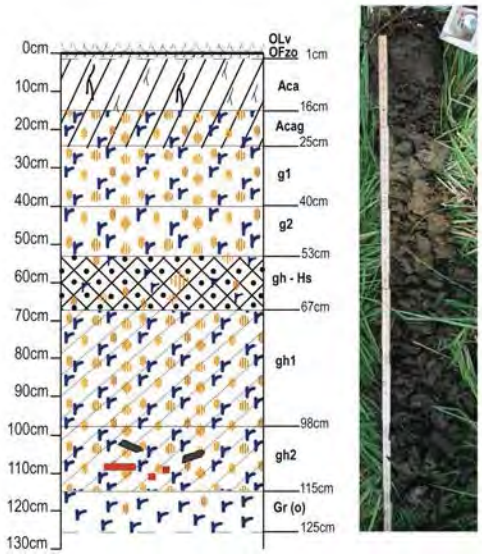


Figure 3.2.27 : Schéma pédologique du sondage 1570 (RÉDOXISOL surrédoxique, calcaire, à horizons g humifères, à horizon saprique, à horizon réductique de profondeur).

RÉDOXISOL épihistique

Deux RÉDOXISOLS comportant des horizons histiques en surface, dit **RÉDOXISOLS épihistiques**, sont présents au Sentier et à La Burtignière (Tableau 3.2.14 ; Figures 3.2.8 et 3.2.9). Ces sols sans carbonates et relativement acides en surface sont situés dans des zones concaves. Ils contiennent passablement d'eau en surface et pendant suffisamment longtemps (plus de six mois par an), ce qui permet à la tourbe de se former et y sont très acides (pH 4 pour le premier horizon H). Le sol du Sentier repose dans un bas-marais sur la craie lacustre (506 ; Figure 3.2.9 ; Tableau 3.2.14) et est saturé par les eaux pluviales jusqu'à environ 50 cm de profondeur. En effet, les eaux de pluie s'accumulent au-dessus de l'horizon Ag plus argileux, saturant par conséquent la surface en permanence, ce qui permet à la tourbe de se former dans cette zone. Le sol de La Burtignière (1680 ; Tableau 3.2.14 ; Figures 3.2.8 et 3.2.28), qui repose

Tableau 3.2.14 : RÉDOXISOLS présents dans les sites étudiés, et avec le groupe auquel ils appartiennent.

LIEU	NOM DU SOL	N° SONDAGE	GROUPE
Chapelle-des-Bois	RÉDOXISOL leptique, à horizons A et S calcaires	1376	2
	RÉDOXISOL leptique, à horizons A humifères en surface	1115	3
	RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon A humifère	809	1
	RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon g humifère	1090 1109	1 3
	RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizons g humifères	810	3
	RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon A humifère en surface	5789	1
	RÉDOXISOL réductique à horizon g humifère	1114	3
	RÉDOXISOL surrédoxique	1496	3
	RÉDOXISOL surrédoxique, à horizons g humifères	804	3
	RÉDOXISOL surrédoxique, avec traces de briques, à horizon A humifère en surface	1497	1
Sentier	RÉDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A et g humifères	1397 1659	2
	RÉDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A humifères	1660	2
	RÉDOXISOL épihistique, issu de craie lacustre	506	1
	RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizons A et g humifères	1670	3
	RÉDOXISOL réductique, à horizons A et g humifères	1296	3
	RÉDOXISOL réductique, calcaire, issu de craie lacustre, à horizons A humifères	1393	2
	RÉDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, à horizons g humifères	1568	7
	RÉDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	507 698	7
	RÉDOXISOL surrédoxique, carbonaté en surface, à horizons A et g humifères	1297	2
	RÉDOXISOL surrédoxique, calcaire, à horizons A humifères en surface	1669	2
Burtignière	RÉDOXISOL à horizon g humifère	1723 1727	1
	RÉDOXISOL à horizon g humifère, à horizon histique saprique en surface	1573	8
	RÉDOXISOL à horizons A et g humifères	1512 576	1
	RÉDOXISOL à horizons A et g humifères, à horizon histique saprique de profondeur	593	8
	RÉDOXISOL à horizons g humifères	1509	1
	RÉDOXISOL décarbonaté en surface	1646	7
	RÉDOXISOL épihistique, à horizon réductique de profondeur	1680	1
	RÉDOXISOL leptique, à horizon g humifère	1716	1
	RÉDOXISOL leptique, à horizon g humifère, à horizon histique saprique discontinu	571	1
	RÉDOXISOL leptique, à horizon histique mésique en surface	577	8
	RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizon g humifère	578	2
	RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizons A et g humifères	1644	7
	RÉDOXISOL multi-alluvio-colluvial, à horizons sapriques	487	8
	RÉDOXISOL multi-fluvique à horizons mésiques	1514	8
	RÉDOXISOL réductique, à horizon g humifère en surface, à horizon histique	534	8
	RÉDOXISOL réductique, multi-histique, à horizons g humifères	567	8
	RÉDOXISOL réductique, surrédoxique, à horizons A et g humifères	1565 562	3
	RÉDOXISOL surrédoxique, à horizon g humifère	1513	3
	RÉDOXISOL surrédoxique, à horizons g humifères	498	3
	RÉDOXISOL surrédoxique, calcaire, à horizons g humifères, à horizon saprique, à horizon réductique de profondeur	1570	8
	RÉDOXISOL surrédoxique, décarbonaté en surface, à horizon A humifère en surface	587	2

sur des alluvions récentes et qui est situé dans un bas-marais acidophile en bordure d'un haut-marais, est connecté à la nappe de ce dernier et contient un horizon réductique en profondeur. Les eaux de pluie et de la nappe s'accumulent et saturent le profil, permettant comme dans le profil précédent à la tourbe de s'installer en surface.

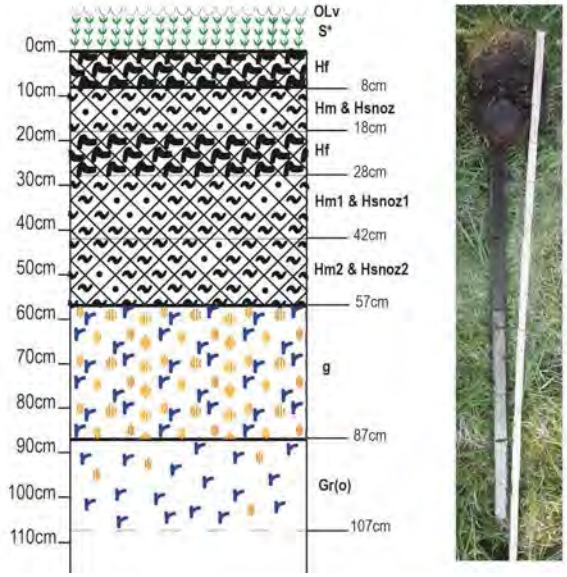


Figure 3.2.28 : Schéma pédologique du sondage 1680 (RÉDOXISOL épihistique, à horizon réductique de profondeur).

RÉDOXISOL multi-alluvio-colluvial

L'unique **RÉDOXISOL multi-alluvio-colluvial**, reposant sur des alluvions récentes, est présent à La Burtignière (487 ; Tableau 3.2.14 ; Figures 3.2.8 et 3.2.29) dans une zone humide en bordure de pâturage, en bas de pente. Ce sol sans carbonates contient des successions d'horizons H dès 50 cm et d'horizons rédoxiques, synonymes d'apports minéraux dans le passé notamment par colluvionnement depuis la pente et par alluvionnement. Le premier horizon H en profondeur s'est formé dans l'eau stagnante, puis a été recouvert par un apport de minéral, d'où la présence d'un horizon rédoxique. Cet horizon, de texture plutôt argileuse, constituant le plancher imperméable, a permis ensuite à l'eau de rester au-dessus et donc à un deuxième horizon histique de se former. Actuellement, ce sol est soumis aux précipitations ainsi qu'aux eaux provenant de ruissellement. Ces eaux, selon leurs abondance et fréquence, saturent de façon périodique le profil, ce qui permet une alternance de conditions sèches et humides en surface et par conséquent à un horizon d'anmoor An de se former (pH 5.5).

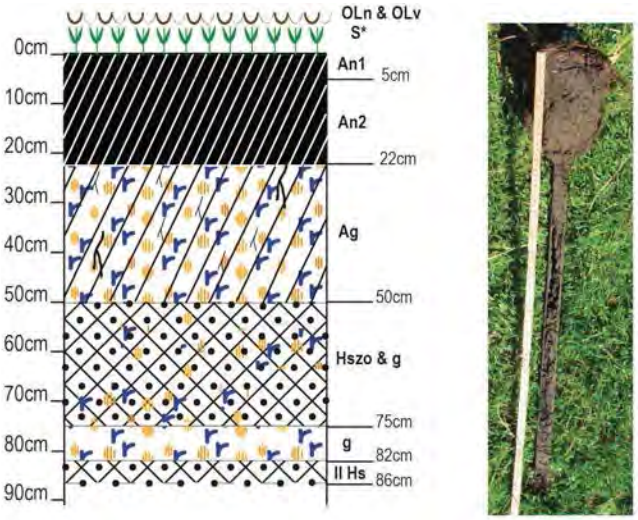


Figure 3.2.29 : Schéma pédologique du sondage 487 (RÉDOXISOL multi-alluvio-colluvial, à horizons sapriques).

RÉDOXISOL multi-fluvique

L'unique **RÉDOXISOL multi-fluvique** est présent à La Burtignière (1514 ; Tableau 3.2.14 ; Figures 3.2.8 et 3.2.30), dans un pâturage en pente, à quelques mètres d'un petit ruisseau descendant depuis la forêt. Ce sol, sans carbonates et reposant sur la moraine de fond jurassienne, est constitué d'une succession d'apports de minéraux amenés par le ruisseau (alluvionnement) et par la pente (colluvionnement), ainsi que de périodes plus tranquilles permettant à l'eau de stagner et par conséquent à la tourbe de se former. De plus, la texture plutôt argileuse des horizons rédoxiques, a permis à l'eau de rester au-dessus, et de former successivement des couches histiques. Au-dessus du dernier horizon histique, un horizon organo-minéral s'est formé. Comme cet horizon a besoin de matière minérale pour se former, il ne peut pas provenir directement de la minéralisation de l'horizon histique sous-jacent en période d'assèchement (GOBAT, comm. pers.). Il y a donc forcément eu, dans le passé, un apport minéral au-dessus de ce dernier horizon histique, qui, ajouté à la matière organique humifiée par la faune, a permis la formation de l'horizon organo-minéral. Cet apport de particules minérales (provenant du ruissellement et aussi certainement du bétail) a eu pour conséquence, comme précédemment, de rendre le pH un peu plus basique (pH 5). Ensuite, l'alternance de conditions sèches et de conditions humides a permis le développement d'un horizon A à anmoor.

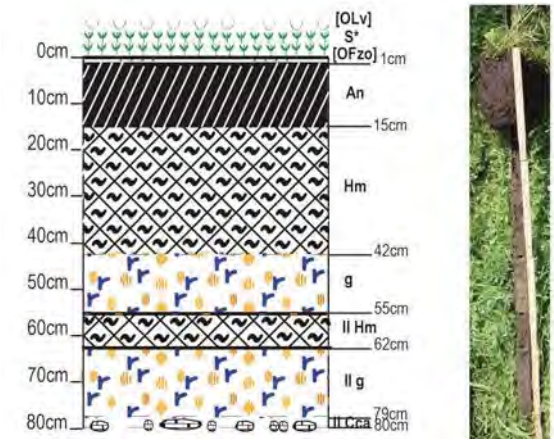


Figure 3.2.30 : Schéma pédologique du sondage 1514 (RÉDOXISOL multi-fluvique, à horizons mésiques).

RÉDOXISOL leptique

Dans les sites d'étude, on retrouve des **RÉDOXISOLS leptiques,** c'est-à-dire contenant un ou plusieurs horizons rédoxiques dont l'épaisseur est inférieur à 50 cm (Tableau 3.2.14 ; Figures 3.2.8, 3.2.9 et 3.2.10). Le pH du premier horizon A oscille entre 5 et 6.

A Chapelle-des-Bois, un sol à horizon A et S calcaire est présent en faible pente, sur des alluvions morainiques et sous une prairie humide fauchée (profil 1376 ; Figure 3.2.10 ; Tableau 3.2.14). Dans un autre sondage de Chapelle-des-bois (sondage 1115 ; Figure 3.2.10 ; Tableau 3.2.14) et de La Burtignière (profil 1644 ; Tableau 3.2.14 ; Figures 3.2.8 et 3.2.31), le niveau de la nappe atteint temporairement les horizons A, favorisant ainsi la maintien de la matière organique dans ces horizons (horizons A humifères ou d'anmoor). Par ailleurs, le profil 1644, situé dans une cuvette en bordure d'un pâturage sur des alluvions récentes, est décarbonaté en surface à cause des eaux de pluies ainsi qu'au gaz carbonique produit lors de la minéralisation de la matière organique en période sèche ou provenant de l'atmosphère (Figures 3.2.8 et 3.2.31).

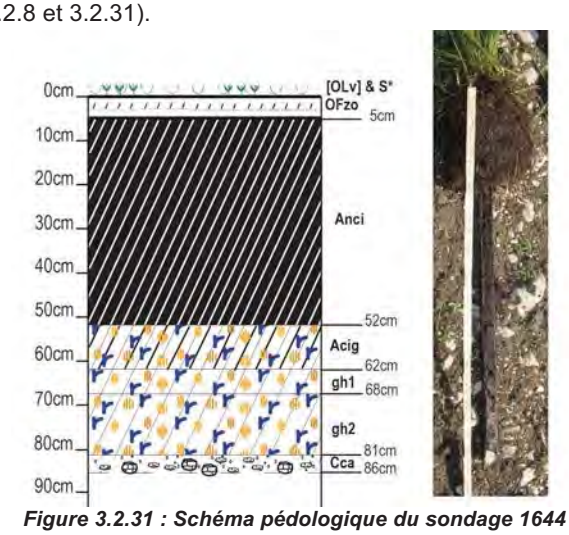


Figure 3.2.31 : Schéma pédologique du sondage 1644 (RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizons A et g humifères).

Un autre sol est présent dans une zone plate de bas-marais en bordure du haut-marais de La Burtignière et en bordure de l'Orbe, et semble plus humide notamment à cause de la texture plutôt argileuse de ses horizons, d'où la richesse importante de ce sol en matière organique avec un horizon organo-minéral à anmoor et un horizon rédoxique humifère (sondage 1716 ; Figure 3.2.8 ; Tableau 3.2.14). Les profils 571 et 578 reposant sur des alluvions récentes sont similaires. Cependant, le sondage 571 a certainement subi par le passé, une période encore plus humide et stable, permettant la formation de quelques centimètres de tourbe dans l'horizon rédoxique. Le sondage 578 quant à lui contient des horizons organo-minéraux décarbonatés. Un autre sondage à La Burtignière (profil 577 ; Figure 3.2.8 ; Tableau 3.2.14), présent également sur des alluvions récentes, en bordure de l'Orbe, de saules et d'un ruisseau eutrophe, est très humide : du fait de la texture plutôt argileuse de chaque horizon, l'eau du ruisseau et des précipitations est stockée dans chacun d'eux, favorisant notamment la présence d'horizon histique. Les particules minérales provenant probablement de l'Orbe se sont ensuite déposées sur cet horizon. Ces minéraux additionnés à l'alternance des conditions sèches et humides ont finalement permis la formation d'un horizon à anmoor en dessus.

Autres RÉDOXISOLS

Des RÉDOXISOLS possédant uniquement des horizons A et/ou g humifères sont présents dans les trois sites d'étude (Tableau 3.2.14 ; Figures 3.2.8, 3.2.9 et 3.2.10). Les conditions anoxiques et rédoxiques régnant dans les profils, induisent dans la plupart de ces sols une quantité importante de matière organique (1723, 1727, 1512, 576, 1509, sur des alluvions récentes ; Tableau 3.2.14).

Un **RÉDOXISOL à horizon g humifère**, reposant sur une moraine de fond jurassienne en bordure de bas-marais acidophiles entourant un haut-marais à La Burtignière, possède un horizon histique en surface (sondage 1573 ; Tableau 3.2.14 ; Figures 3.2.8 et 3.2.32). Ce profil, situé dans une légère pente, contient une nappe perchée qui a atteint et saturé pendant une longue période le haut du profil, favorisant ainsi la présence d'horizon histique. Cet horizon histique a ensuite été recouvert par des particules minérales amenées par ruissellement, qui, additionnées aux particules organiques humifiées par la faune et à l'alternance de conditions sèches et humides, a permis la formation d'un horizon organo-minéral à anmoor. Actuellement, cet endroit est soumis à une nappe perchée provenant des précipitations. Selon l'importance et la fréquence de ces dernières, les conditions d'engorgement de la surface du profil alternent entre sécheresse et humidité. L'horizon An (pH 5) devient ainsi grumeleux en périodes de basse nappe et redevient collant et humide et période de haute nappe, ce qui est typique de l'anmoor.

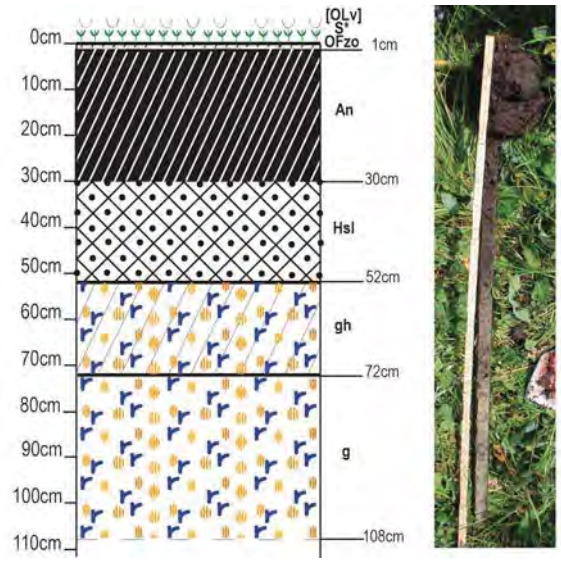


Figure 3.2.32 : Schéma pédologique du sondage 1573 (RÉDOXISOL à horizon g humifère, à horizon histique saprique en surface).

Un autre **RÉDOXISOL à horizon A et g humifères**, présent en bordure de l'Orbe à La Burtignière sur des alluvions récentes (profil 593 ; Tableau 3.2.14 ; Figures 3.2.8 et 3.2.33), contient un horizon histique en profondeur. Par le passé, des couches minérales provenant des crues de l'Orbe se sont déposées sur la tourbe, probablement dans d'anciens bras coupés du cours principal, constituant ainsi un plancher imperméable sur lequel une nappe perchée produite notamment par les précipitations et les apports latéraux provenant de l'Orbe peut actuellement se former et subsister. Selon l'importance de ces eaux, cette nappe peut atteindre la surface, et favoriser l'apparition d'horizons A et g humifères. Le pH de premier horizon A est de 6.

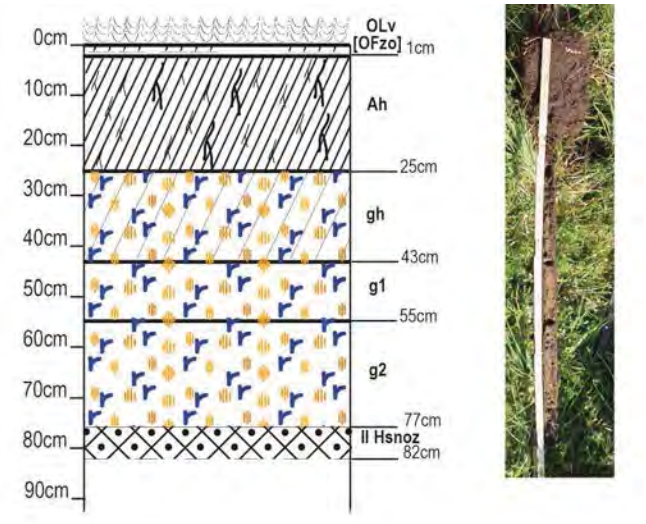


Figure 3.2.33 : Schéma pédologique du sondage 593 (RÉDOXISOL à horizons A et g humifères, à horizon histique saprique de profondeur).

Au Sentier ainsi qu'à La Burtignière, on trouve des **RÉDOXISOLS décarbonatés en surface** (Burtignière : sondage 1646 sur tourbe ; Sentier : profils 1397, 1659 et 1660 sur cônes de déjections ; Tableau 3.2.14 ; Figures 3.2.8 et 3.2.9). Le sol de La Burtignière est plus humide et contient une végétation plus eutrophe que les sols présents au Sentier. En effet, ce profil possède en surface d'épais horizons organo-minéraux à anmoor, synonymes de saturation saisonnière en eau. Au Sentier, les sondages sont situés sur un cône de déjection (Figure 3.2.9). Ils révèlent des conditions un peu plus sèches, avec l'apparition d'horizons organo-minéraux humifères en surface. Le profil 1397, situé dans une prairie fauchée en bordure du petit sentier (Figures 3.2.9 et 3.2.34), est soumis à une nappe temporaire provenant des précipitations. Ces dernières, en pénétrant dans le profil, permettent la décarbonatation de la surface. Cette nappe influence également la présence de matière organique humifiée et non minéralisée dans l'horizon organo-minéral. Le pH de premier horizon A est de 6.

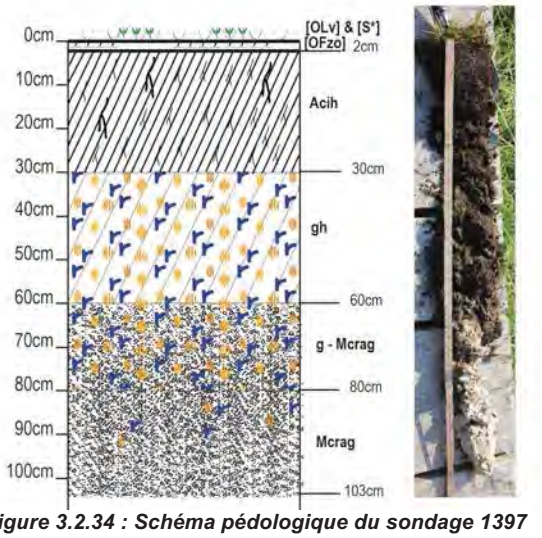


Figure 3.2.34 : Schéma pédologique du sondage 1397 (RÉDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A et g humifères).

HISTOSOLS

Les histosols se trouvent dans les bas- et hauts-marais, ainsi qu'en bordure de ces derniers et dans des zones où l'eau sature le profil pendant quasiment toute l'année (BAIZE & GIRARD, 2009). Cette saturation en eau fournit des conditions anoxiques, ce qui se traduit par une domination de matière organique et d'horizons histiques. De plus, elle est favorable au développement d'une végétation typiquement adaptée aux conditions régnant dans ces sols.

Trois grands types d'histosols se différenciant selon le degré de décomposition de la tourbe, ont été observés dans les trois sites : les HISTOSOLS FIBRIQUES, les HISTOSOLS MÉSIQUES et les HISTOSOLS SAPRIQUES (Tableau 3.2.15 ; Figures 3.2.8, 3.2.9 et 3.2.10). Ils se trouvent dans des cuvettes très humides voire inondées, et notamment en bordure des ruisseaux et rivières, ainsi que dans des zones saturées en eau pendant plus de six mois par année. Ces sols, comme indiqué par le groupement (Figure 3.2.1 ; groupes 4, 6 et 9), figurent parmi les sols les plus épais et les plus acides des sites étudiés. Cependant, le pH de ces sols tend à augmenter selon leur

degré de décomposition : les HISTOSOLS SAPRIQUES ont tendance à avoir un pH plus élevé que les HISTOSOLS FIBRIQUES, notamment parce que l'humine créée lors de la décomposition de la matière organique s'accumule dans le sol et offre des sites d'accueil pour les cations basiques libérés lors de la décomposition des tissus végétaux ou apportés par la rivière lors de crues ou par la nappe (GOBAT, comm. pers.).

A Chapelle-des-Bois, cinq histosols ont été observés dans les différents complexes tourbeux bordant les deux lacs (Tableau 3.2.15 ; Figure 3.2.10).
Au Sentier, seul un histosol a été décrit (Tableau 3.2.15 ; Figure 3.2.9) dans une cuvette inondée proche du lac de Joux.
A La Burtignière, 23 histosols ont été observés (Tableau 3.2.15 ; Figure 3.2.8). Ils sont situés dans des cuvettes en bordure des hauts-marais de La Burtignière, du Carre et de Praz-Rodet. Quelques-uns sont également présents en bordure de l'Orbe, dans des zones constamment inondées.
Selon la nature et la provenance de l'eau, les histosols peuvent être acides ou calciques. Par ailleurs, ils peuvent être oligotrophes (avec une production primaire faible de biomasse, milieu pauvre en nutriments), mésotrophes (intermédiaire entre oligotrophe et eutrophe) ou eutrophes (avec une production primaire forte de biomasse, milieu plus riche en nutriments).

Ces sols ont besoin d'une saturation en eau durant plus de six mois par an, conditions trouvées sur les trois sites en bordure de lac, de rivière, de bas-marais ou de hauts-marais, mais également à l'intérieur de ces deux derniers ainsi que dans des cuvettes. Pour le site du Sentier, il se peut que l'échantillonnage effectué ici dans cette étude ait sous-estimé le nombre de ces sols sur ce site.

HISTOSOL FIBRIQUE

Les HISTOSOLS FIBRIQUES des sites étudiés sont majoritairement issus d'une nappe d'eau acide (pH 4 à 5) et sont oligotrophes ou mésotrophes (Tableau 3.2.15).

Parmi ces sols, on retrouve des **HISTOSOLS FIBRIQUES** simples, comme c'est le cas à Chapelle-des-Bois (sondage 1498 ; Tableau 3.2.15 ; Figure 3.2.10) et à La Burtignière (profil 512 ; Tableau 3.2.15 ; Figures 3.2.8 et 3.2.35). Ces deux sols, sans carbonates, contiennent beaucoup d'eau et sont localisés dans des cuvettes. Le sol de La Burtignière, situé dans une zone de marais de transition très humide (Figures 3.2.8 et 3.2.35), n'est constitué que d'horizons histiques fibriques (Hf). L'eau ainsi que l'acidité sont présentes jusqu'à la surface du profil, empêchant la dégradation des végétaux ; ceux-ci s'accumulent et forment d'épaisses couches de tourbe non décomposée. Le sol de Chapelle-des-Bois (1498 ; Figure 3.2.10) reposant sur des dépôts morainiques, est situé au bord d'un chemin et en bas de pente. En plus de l'humidité importante présente dans tout le profil, il semble qu'il y ait eu, par le passé, un apport de minéral provenant probablement de ruissellement ou de colluvionnement. L'apport de cette couche minérale ainsi que les conditions hydriques (alternance humidité – sécheresse) du solum a permis la formation d'un horizon organo-minéral d'anmoor pâteux et collant au-dessus de la tourbe.

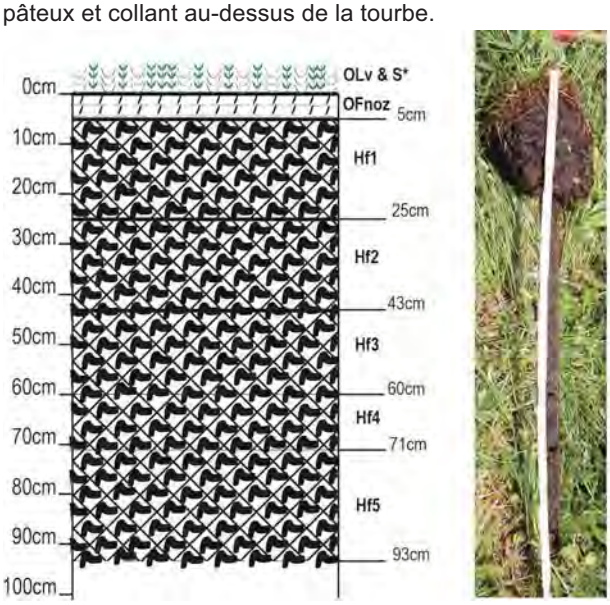


Figure 3.2.35 : Schéma pédologique du sondage 512 (HISTOSOL FIBRIQUE acide, flottant, oligotrophe).

D'autres HISTOSOLS FIBRIQUES sont également présents à Chapelle-des-Bois dans un haut-marais (profil 1608 ; Tableau 3.2.15 ; Figures 3.2.10 et 3.2.36) ainsi qu'à La Burtignière (sur tourbe : 501, 1572, 502, 493, 494 et 1715 ; sur alluvions récentes : 482 et 489 ; Tableau 3.2.15 ; Figure 3.2.8) : des **HISTOSOLS FIBRIQUES à horizons sapriques et/ou mésiques en surface**. Ces sols, sans carbonates, contenant beaucoup d'eau ou peu d'eau, ont en surface des horizons histiques plus ou moins décomposés (Hm et/ou Hs ; Figure 3.2.36). Ces sols présentent des successions d'horizons allant à l'encontre de la règle générale, qui veut que les horizons les plus décomposés soient en profondeur notamment parce que cela fait plus longtemps qu'ils sont à cet endroit et qu'ils subissent l'action des bactéries anaérobies dans une eau réductrice et immobile (GOBAT *et al.*, 2010). Ceci peut indiquer plusieurs possibilités, qui diffèrent en fonction des conditions si elles sont anoxiques ou oxiques. (A) En conditions anoxiques et saturées en eau, l'eau de la nappe, qui sature l'entier du profil, est un peu plus stagnante et réductrice dans ces horizons peu perméables. Les conditions créées, anoxiques, permettent la présence de micro-organismes décomposeurs comme les bactéries anaérobies (GOBAT *et al.*, 2010). Cette matière tourbeuse a probablement subit un événement par le passé qui a diminué sa perméabilité. Une eau réductrice et immobile sature ces profils, jusqu'à la surface : les conditions sont anoxiques, et seules les **bactéries anaérobies** peuvent humifier cette matière organique. C'est l'activité de ces dernières que l'on distingue dans l'horizon saprique, saturé en eau,

Tableau 3.2.15 : Histosols présents dans les sites étudiés, et avec le groupe auquel ils appartiennent.

LIEU	NOM DU SOL	N° SONDAGE	GROUPE
Chapelle-des-Bois	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique, acide, flottant, oligotrophe	1609	6
	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique en surface, acide, flottant, oligotrophe	1608	6
	HISTOSOL FIBRIQUE calcique, oligotrophe	1498	4
	HISTOSOL MÉSIQUE acide, flottant, oligotrophe	1610	6
	HISTOSOL MÉSIQUE calcique, oligotrophe	12/88a	4
	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons sapriques en surface, calcique, oligotrophe	807	9
Sentier	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, calcique, oligotrophe	1351	6
Burtignière	HISTOSOL FIBRIQUE acide, flottant, oligotrophe	512	6
	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique en surface, acide, mésotrophe	501	6
	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon saprique en surface, acide, mésotrophe	1572	6
	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques, acide, oligotrophe	1508	6
	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques et saprique en surface, acide, mésotrophe	502	9
	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface, acide, mésotrophe	482 493 494	6 9 9
	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique, acide, oligotrophe	510	9
	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésiques en surface, acide, mésotrophe	1715	6
	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons sapriques et mésique en surface, acide, mésotrophe	489	9
	HISTOSOL MÉSIQUE calcique, mésotrophe	1571	4
	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques en surface et de profondeur, acide, oligotrophe	1677	9
	HISTOSOL MÉSIQUE à horizon saprique en surface, calcique, oligotrophe	1647	6
	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique, calcique, oligotrophe	18_06_1988	9
	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, calcique, oligotrophe	1674	6
	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, acide, oligotrophe	511	9
	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et sapriques en surface et de profondeur, acide, oligotrophe	514	6
	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons saprique et fibrique en surface, calcique, mésotrophe	492	9
	HISTOSOL MÉSIQUE avec présence de charbon et de bois, calcique, eutrophe	526	4
	HISTOSOL MÉSIQUE rédoxique, à horizons saprique et fibrique en surface, calcique, eutrophe	572	1
	HISTOSOL SAPRIQUE à horizon d'anmoor (An) intercalé, calcique, mésotrophe	1566	4
	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons d'anmoor (An) décarbonatés, calcique, eutrophe	1642	4
	HISTOSOL SAPRIQUE réductique, à horizons mésiques et fibrique, calcique, eutrophe	582	4
	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons mésiques, calcique, oligotrophe	1557	9
	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons mésiques, acide, mésotrophe	495	9

quand il est présent, d'où sa dénomination **Hsnoz**. Dans les profils présents, aucun ne contient d'horizon histique saprique en surface saturé en eau et donc caractérisé par des conditions anoxiques. Par contre, quelques profils, également caractérisés par ces conditions anoxiques, possèdent en surface des horizons mésiques saturés en eau présents au-dessus d'horizons histiques moins décomposés (profils 501 et 1608).

(B) En conditions oxiques, ce qui est le cas pour la plupart des profils présents dans les sites d'étude (profils 482, 489, 1572, 502, 493, 494, 1715, qui présentent une surface plus sèche que les horizons présents en dessous), deux possibilités sont également trouvées selon si la décomposition est assurée par (1) la faune aérobie ou (2) des **micro-organismes aérobies**. Ces deux cas indiquent probablement un changement de régime hydrique allant vers un assèchement. En effet, les conditions plus sèches et donc oxiques permettent ainsi une dégradation de la matière tourbeuse grâce aux divers micro-organismes ou à la faune aérobies. (1) Des profils peuvent posséder un ou plusieurs **horizons Hszo ou Hsl** (zoogènes ou limiques) en surface (comme c'est le cas dans les sites étudiés pour les profils 489, 1572, 493 et 494). La diminution de la saturation en eau en surface

favorisent ainsi une dégradation de la matière tourbeuse grâce cette fois à la **faune aérobie**. (2) D'autres profils peuvent posséder un **horizon Hsnoz** (non zoogène) en surface (ce qui est le cas pour les profils 482, 502 et 1715), la décomposition est assurée par des micro-organismes aérobies. La faune y est en effet soit absente ou soit peu abondante (et donc peu efficace) du fait des conditions beaucoup trop extrêmes pour elle, notamment en terme d'acidité surtout. De plus, pour ces profils, il se peut que ces micro-organismes soient présents en très grande quantité.

Ainsi, on peut légitimement supposer que **la présence d'horizons Hsl, Hszo en surface ainsi que d'horizons Hsnoz plus secs en dessus d'horizons moins dégradés et plus humides indique une dégradation de la matière organique suite à la survenue de conditions plus sèches à un moment donné, notamment suite à un assèchement. A l'inverse, des horizons plus décomposés en surface mais pas moins humides que ceux situés plus en profondeur, ne sont probablement des signes d'assèchement.** Par ailleurs, on peut estimer que plus le début de formation de l'horizon Hs concerné est proche de la surface (et donc peu épais), plus ce changement est récent, et inversement. Ceci est également valable pour n'importe quelles modifications ou perturbations apparaissant dans cette étude.

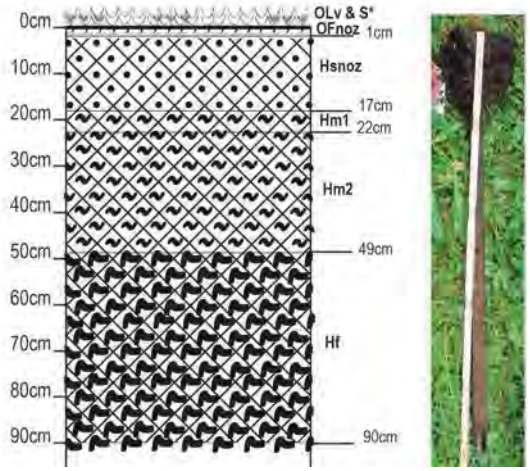


Figure 3.2.36 : Schéma pédologique du sondage 1715 (HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésiques en surface, acide, mésotrophe).

D'autres HISTOSOLS FIBRIQUES comportent des horizons mésiques et/ou sapriques en dessous de 40 cm de profondeur : **HISTOSOLS FIBRIQUES à horizons mésiques et/ou sapriques**. Ceux-ci sont présents sur tourbe à Chapelle-des-Bois (sondage 1609 ; Tableau 3.2.15 ; Figure 3.2.10) ainsi qu'à La Burtignière (1508, 510 ; Tableau 3.2.15 ; Figures 3.2.8 et 3.2.37). Ces sols, sans carbonates, se situent en bordure de hauts-marais, dans des zones apparaissant assez sèches au premier abord, avec une végétation de type de lande à callune (Figures 3.2.8 et 3.2.10). L'eau dans ces endroits semble pourtant être très présente. Ils sont caractérisés par une dominance d'horizons histiques fibriques (Hf) typiques des tourbes en formation, ainsi que par des horizons histiques mésiques un peu plus décomposés (Hm) typiques des conditions humides en permanence et de tourbe stable (GOBAT *et al.*, 2010 ; Figure 3.2.37). Ces histosols ont ainsi des périodes de croissance et de stabilité. Ils présentent une succession normale d'horizon, c'est-à-dire que les horizons les plus décomposés sont situés en profondeur. En effet, la perméabilité de ces horizons en profondeur est diminuée à cause du tassement qu'ils subissent. Aussi, l'eau qui sature ces horizons en profondeur est réductrice et immobile, donc pauvre en oxygène. Ces conditions permettent aux bactéries anaérobies d'entrer en action et de décomposer la tourbe (GOBAT *et al.*, 2010).

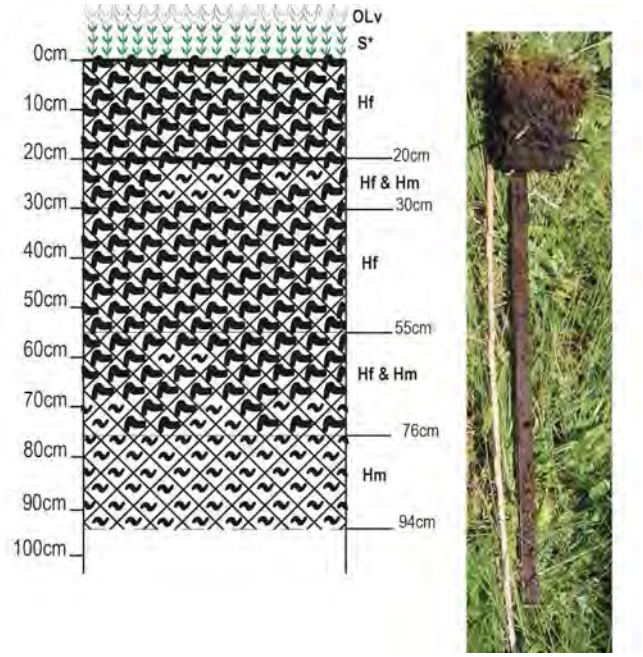


Figure 3.2.37 : Schéma pédologique du sondage 1508 (HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques, acide, oligotrophe).

HISTOSOL MÉSIQUE

Les HISTOSOLS MÉSIQUES sont majoritairement issus d'une nappe d'eau et sont oligotrophes ou mésotrophes (Tableau 3.2.15). Quelques-uns sont plus riches en nutriments. Le pH oscille entre 4 et 5.5 selon l'apport et la chimie de l'eau de la nappe.

Parmi les HISTOSOLS MÉSIQUES, on retrouve des HISTOSOLS MÉSIQUES simples composés uniquement d'horizons Hm, ainsi que des HISTOSOLS MÉSIQUES possédant des horizons fibriques et/ou sapriques. La plupart de ces horizons fibriques et/ou sapriques se trouvent en surface (Tableau 3.2.15).

Les **HISTOSOLS MÉSIQUES** simples sont situés à Chapelle-des-Bois ainsi qu'à La Burtignière (Tableau 3.2.15 ; Figures 3.2.8 et 3.2.10). Les sols de Chapelle-des-Bois se trouvent dans des zones tourbeuses plates, ainsi qu'à l'intérieur de hauts-marais (1610 ; Figures 3.2.10 et 3.2.38). La nappe phréatique de ce dernier sature entièrement le sol, favorisant la conservation de la tourbe (Figure 3.2.38). La perméabilité de ces sols est un peu moindre que celle des HISTOSOLS FIBRIQUES mais est plus

élevée que celle des HISTOSOLS SAPRIQUES (GOBAT *et al.*, 2010). Les sols de La Burtignière sont situés en bordure de l'Orbe (526 ; Figure 3.2.8) sur des alluvions récentes, ou sur une moraine de fond jurassienne, dans un pâturage en contrebas d'une route principale (1571 ; Figure 3.2.8). Dans le premier cas, les nappes de l'Orbe et de la tourbière de La Burtignière, et dans le deuxième cas une nappe se situant probablement sous le pâturage, remontent dans le solum. Cependant, dans tous les cas, ces horizons sont moins perméables que dans les HISTOSOLS FIBRIQUES, ce qui permet une abondance plus importante de micro-organismes permettant une humification du matériel végétal présent dans cette tourbe.

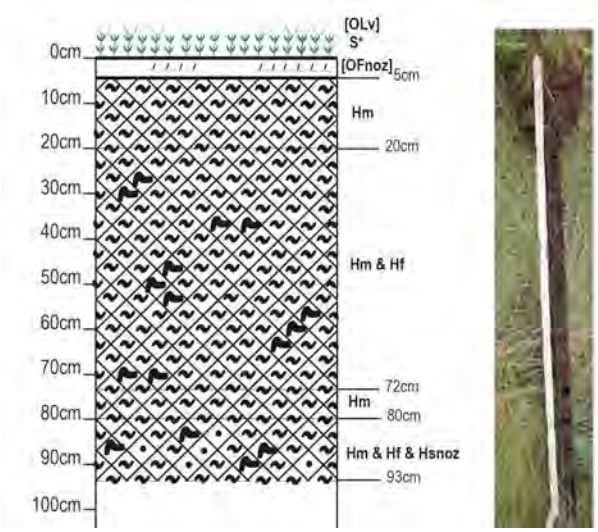


Figure 3.2.38 : Schéma pédologique du sondage 1610 (HISTOSOL MÉSIQUE acide, flottant, oligotrophe).

Les **HISTOSOLS MÉSIQUES à horizons sapriques et/ou fibriques en surface** se trouvent principalement à La Burtignière, notamment en bordure de l'Orbe et/ou en bordure des hauts-marais présents sur le site (1677, 1647, 1674, 511, 514, 492 et 572 ; Tableau 3.2.15 ; Figure 3.2.8). Des profils sont également présents au Sentier ainsi qu'à Chapelle-des-Bois (profils 1351 et 807 ; Figures 3.2.9, 3.2.10 ; 3.2.39 et 3.2.40).

Ce cas ressemble aux HISTOSOLS FIBRIQUES à horizons sapriques et/ou mésiques en surface présentés précédemment, sauf que le sol est majoritairement dominé par des horizons Hm, signe que d'une manière générale, la matière organique est bien conservée. Dans les profils présents sur les sites d'étude, des horizons plus décomposés comme des horizons histiques sapriques, sont présents :

- en dessous d'autres horizons moins décomposés (comme le profil 1351 ; Figure 3.2.39). Ce sol se situe sur le site du Sentier au bord d'un chemin fréquemment inondé et possède en surface des horizons d'accumulation de tourbe, alors que les horizons histiques sapriques sont situés un peu plus en profondeur mais toujours considérés comme en surface puisqu'ils sont présents à moins de 40 cm de profondeur (selon les qualificatifs utilisés dans cette étude). Dans ce cas, ce sol suit la logique : les horizons décomposés sont en profondeur puisque que cela fait plus longtemps qu'ils sont à cette position et qu'ils subissent l'action des bactéries anaérobies dans une eau réductrice et immobile (GOBAT *et al.,* 2010).

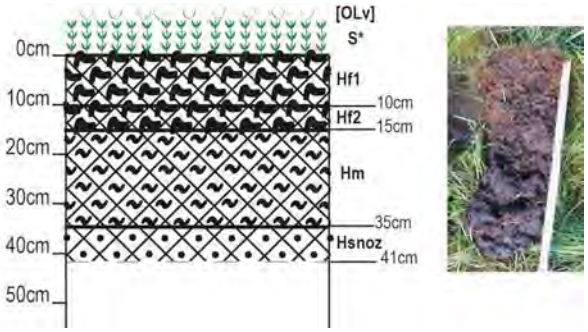


Figure 3.2.39 : Schéma pédologique du sondage 1351 (HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, calcique, oligotrophe).

- comme premiers horizons en surface surmontant d'autres horizons moins décomposés (ex. : profils 572, 1647, 511, 492 et 807). Un exemple, le profil 492, de par sa situation dans un bas-marais fauché, possède une surface plutôt tassée par les machines agricoles, ce qui permet à l'eau de rester dans l'horizon (Figure 3.2.40).

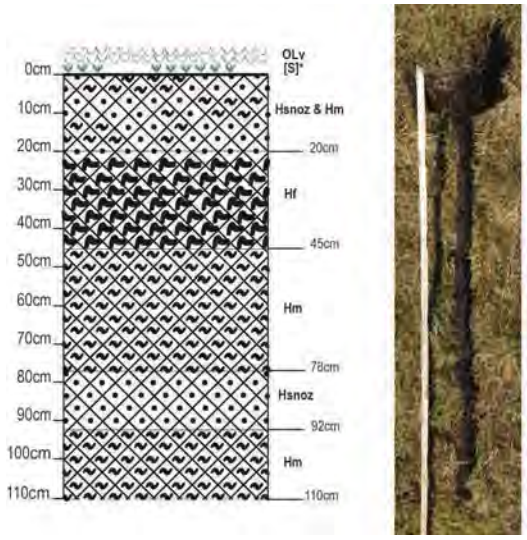


Figure 3.2.40 : Schéma pédologique du sondage 492 (HISTOSOL MÉSIQUE à horizons saprique et fibrique en surface, calcique, mésotrophe).

Dans ces deux cas, lorsqu'il y a un horizon histique saprique, celui-ci est un Hsnoz : il est issu de la dégradation de la matière organique par des micro-organismes. De plus, comme tous les profils sont très humides jusqu'en surface par une eau réductrice et immobile, et sont pour la plupart assez acides, on peut même préciser que cette décomposition est faite en conditions anoxiques et est assurée par des **micro-organismes anaérobies**. Les horizons histiques sapriques situés en surface comme premiers horizons ne sont donc pas des signes d'assèchement. A noter que si un de ces horizons plus décomposés en surface avait été

plus secs, la dégradation de la matière organique aurait pu être assurée par la faune et/ou des micro-organismes aérobies : ceci aurait été caractéristique de zones asséchées, comme cela a été remarqué pour certains HISTOSOLS FIBRIQUES à horizons sapriques et/ou mésiques en surface.

Un **HISTOSOL MÉSIQUE comportant des horizons fibriques et sapriques en profondeur** est présent à La Burtignière, dans une légère pente, en bordure de bas-marais acidophiles entourant le haut-marais de La Burtignière (18_06_1988 ; Figures 3.2.8 et 3.2.41 ; Tableau 3.2.15). La tourbe la plus dégradée est présente en profondeur, ce qui suit la règle générale, notamment parce qu'elle est tassée par les horizons situés en dessus (perméabilité diminuée) et qu'elle est dégradée par les bactéries anaérobies dans une eau réductrice et immobile (GOBAT *et al.*, 2010 ; Figure 3.2.41). La matière fibreuse présente en milieu de profil indique que par le passé, les conditions étaient propices à la formation d'horizon Hf (saturation en eau et végétation turfigène). Comme ces horizons ne sont pas encore (ou très peu) dégradés aujourd'hui (les fibres sont très visibles), il se peut que ces horizons soient constitués d'une végétation beaucoup moins facile à dégrader par les bactéries anaérobies. Cela signifierait qu'il y a eu par le passé un **changement de végétation** à cet endroit (ou alors plus d'espèces moins dégradables). Au niveau des horizons supérieurs, ces derniers indiquent qu'actuellement, les conditions d'acidité et de saturation en eau en ce lieu sont stables, ce qui permet à la tourbe en surface d'être conservée.

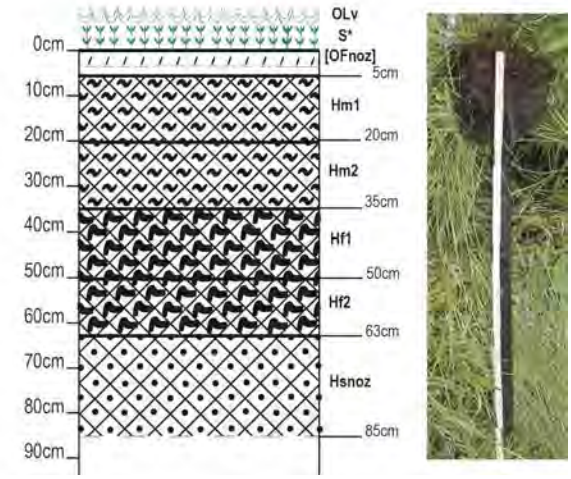


Figure 3.2.41 : Schéma pédologique du sondage 18_06_1988 (HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique, calcique, oligotrophe).

HISTOSOL SAPRIQUE

Les HISTOSOLS SAPRIQUES présents dans les sites d'étude sont majoritairement issus d'une nappe d'eau un peu plus calcique (pH entre 4.5 et 6) et sont plus riches en nutriments (eutrophes ou mésotrophes). Ces histosols sont constitués en majeure partie de matière organique humifiée (Tableau 3.2.15).

Seulement cinq HISTOSOLS SAPRIQUES sont trouvés, et plus précisément sur le site de La Burtignière (sur alluvions récentes : 1566, 1642 ; sur tourbe : 582, 1557 et 495 ; Tableau 3.2.15 ; Figure 3.2.8).

Deux de ces **HISTOSOLS SAPRIQUES** possèdent un horizon organo-minéral d'anmoor (An) en surface (sondage 1642 ; Figures 3.2.8 et 3.2.42) ou dans le profil entre des horizons histiques (profil 1566). Dans ces profils situés en bordure de l'Orbe (Figure 3.2.8), à un certain moment et comme expliqué précédemment pour de nombreux sondages, il y a eu un apport de minéral provenant des crues de la rivière sur ces horizons histiques, permettant ainsi la formation d'un horizon A. Cette proximité entre cette rivière à courant fort et la présence de tourbe qui nécessite des périodes calmes pour se former est exceptionnelle, et caractéristique de la Vallée de Joux. Ceci est vraisemblablement possible dans des anciens méandres ou bras morts de l'Orbe. La présence d'un horizon organo-minéral à anmoor témoigne de la saturation du profil périodique, et notamment de conditions plus sèches en été. Dans le profil 1642, présent en bordure de l'Orbe (Figures 3.2.8 et 3.2.42), la présence d'horizon Hsl (horizon saprique limique) contenant beaucoup de minéral, confirme l'apport de particules minérales sur la tourbe ainsi que la minéralisation de la tourbe due à un léger assèchement à cet instant. Dans le profil 1566 présent dans un pâturage en bordure de l'Orbe (Figure 3.2.8), les horizons histiques présents en dessus de cet horizon An indiquent que les conditions sont devenues plus saturantes en eau, peut-être par la présence de bétail qui, par le piétinement et le tassement, a permis la stagnation de l'eau à la surface. Aujourd'hui, le tassement dû au bétail diminue la porosité de la tourbe, ce qui fait que l'eau de la nappe est immobile tout en saturant l'horizon.

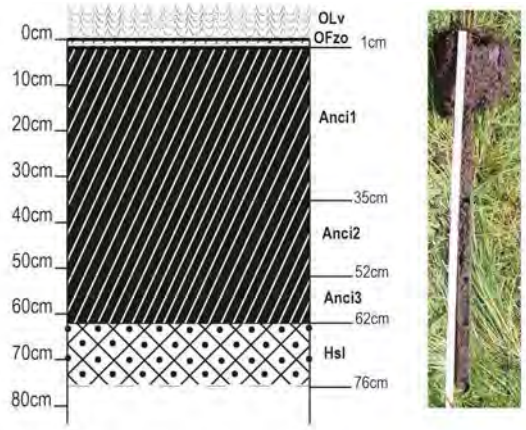


Figure 3.2.42 : Schéma pédologique du sondage 1642 (HISTOSOL SAPRIQUE à horizons An décarbonatés, calcique, eutrophe).

D'autres HISTOSOLS SAPRIQUES présents à La Burtignière contiennent un ou plusieurs horizons mésiques et/ou fibriques en dessous de 40 cm (582, 1557 et 495 ; Tableau 3.2.15 ; Figures 3.2.8 et 3.2.43). Dans les hauts-marais intacts, un histosol est composé de deux nappes : celle de l'acrotelm, située en surface et caractérisée par une zone oxique plus ou moins humifiée, ainsi que celle

du catotelm, en dessous, qui est une zone anoxique compacte à tourbe plus humifiée au fur et à mesure de la profondeur (GOBAT *et al.*, 2010). Or, ici, les zones humifiées se trouvent en surface, alors que les zones moins humifiées sont en profondeur (Figure 3.2.43). Ceci peut traduire, comme pour les autres histosols déjà présentés possédant des horizons Hs en surface, un éventuel assèchement de ces sols en surface, favorisant l'activité biologique, notamment pour le profil 495 situé en bordure d'un haut-marais et de l'Orbe (Figures 3.2.8 et 3.2.43) et qui est composé d'horizons Hszo. Ainsi, dans ce sondage, la saturation n'est plus totalement complète jusqu'à la surface, permettant à la matière organique d'être dégradée par les organismes vivants. Une des conséquences de cet assèchement peut rendre possible le développement de nombreux semis et plantules d'arbustes (bouleau, épicéas et pins) poussant dans ces profils. Ceux-ci, en se développant peuvent accentuer encore cet effet d'assèchement en pompant progressivement l'eau de la nappe.

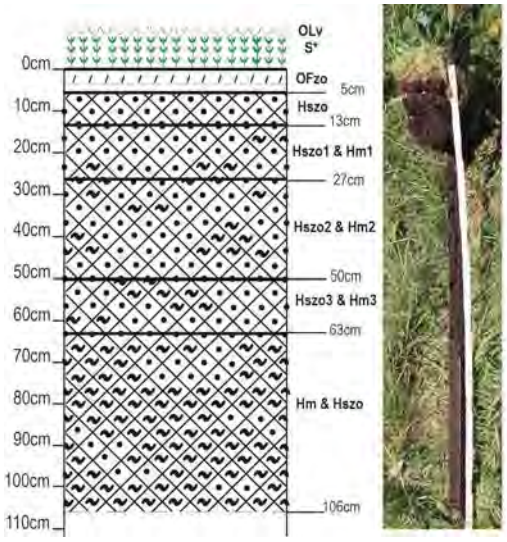


Figure 3.2.43 : Schéma pédologique du sondage 495 (HISTOSOL SAPRIQUE à horizons mésiques, acide, mésotrophe).

CALCOSOLS et CALCISOLS

Ces sols ont été observés dans deux sites d'étude (Chapelle-des-Bois et Burtignière ; Tableau 3.2.16 ; Figures 3.2.8 et 3.2.10). Comme représenté sur le dendrogramme (Figure 3.2.2 ; Groupe 5), ces sols sont très séparés des autres, une séparation qui peut être interprétée comme due à la présence de carbonates et donc à un pH basique. Ces sols secs, qui sont les plus basiques de la zone (pH du premier horizon A de 6) se trouvent sur des dépôts morainiques présents dans des pentes fortes ou à relief convexe, donc dans des zones soumises à l'érosion (Figures 3.2.8 et 3.2.10). Ces sols ne subissent pratiquement aucune influence de l'eau : ainsi, dans ce milieu oxique, la matière organique est facilement et rapidement décomposée et intégrée au reste du sol. De plus, ces sols tendent à être les moins profonds des sites étudiés. Ce paradoxe de sol sec trouvé dans des zones humides peut être expliqué par la pente ainsi que par la pâture. Ces sondages étant présents dans une pente, l'eau ruisselle et ne peut être contenue que dans les trous faits par les vaches. Cette eau peut donc être contenue temporairement dans ces trous, favorisant par conséquent le développement d'une végétation hygrophile, mais ne restant pas assez suffisamment longtemps en place pour créer des traces d'hydromorphie dans le sol.

Tableau 3.2.16 : CALCOSOLS et CALCISOLS présents dans les sites étudiés, et avec le groupe auquel ils appartiennent.

LIEU	NOM DU SOL	N° SONDAGE	GROUPE
Chapelle-des-Bois	CALCOSOL décarbonaté en surface	1377 58/89b	5
	CALCOSOL haplique	1601	5
Burtignière	CALCISOL haplique	485, 597	5
	CALCOSOL haplique	1559	5

CALCOSOL haplique

Deux CALCOSOLS hapliques sont présents : un est situé sur le site de Chapelle-des-Bois (1601 ; Tableau 3.2.16 ; Figures 3.2.10 et 3.2.44) et l'autre sur le site de La Burtignière (1559 ; Figure 3.2.8 ; Tableau 3.2.16). Ces sols, calcaires, reposant sur des moraines de fond jurassiennes, sont localisés dans des zones comportant des rochers calcaires affleurants. Par ailleurs, ces deux profils sont présents respectivement à plat sur une butte et dans un pâturage sur un replat (Figures 3.2.8 et 3.2.10). Les rochers présents en surface peuvent subir une érosion physique par thermoclastie et chimique par l'eau, les matières minérales qui en résultent s'incorporant par conséquent dans le sol. De plus, la roche mère peut être une source de matière minérale s'il y a des mouvements de la faune ou d'altération. Par ailleurs, le pH n'est pas assez bas pour déstabiliser et altérer les carbonates et leur pouvoir tampon. Ceci pourrait survenir en cas de présence importante de litière et de matière organique en surface.

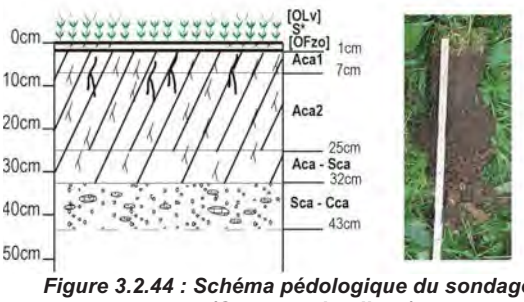


Figure 3.2.44 : Schéma pédologique du sondage 1601 (CALCOSOL haplique).

CALCOSOL décarbonaté en surface

Deux CALCOSOLS décarbonatés en surface sont présents, mais uniquement à Chapelle-des-Bois (1377 ; 58/89b ; Tableau 3.2.16 ; Figures 3.2.10 et 3.2.45), sur des dépôts morainiques. Ces sols sont présents en pente dans des

prairies fauchées au-dessus des lacs des Mortes et de Bellefontaine (Figure 3.2.10). La pente ainsi que la compaction de la surface du sol par les activités agricoles induisent un ruissellement lors de fortes pluies. Cependant, la percolation de cette eau dans le sol n'est pas empêchée, permettant l'entraînement des carbonates en profondeur. Par ailleurs, la forte proportion de limons et d'argiles dans les horizons organo-minéraux font que ces derniers sont facilement entraînés vers l'aval, en tout cas plus qu'en cas de graviers ou de sables (Figure 3.2.45).

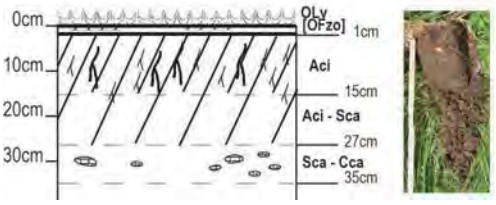


Figure 3.2.45 : Schéma pédologique du sondage 1377 (CALCOSOL décarbonaté en surface).

CALCISOL haplique

Deux CALCISOLS hapliques sont présents à La Burtignière, un dans une zone en pente sur une moraine de fond jurassienne (597 ; Tableau 3.2.16 ; Figures 3.2.8 et 3.2.46), et le deuxième, sur des alluvions récentes, dans un pâturage en bas de pente, à quelques mètres d'un muret fait de pierres calcaires (485 ; Figure 3.2.8). Ces sols sont décarbonatés sur toute la profondeur. En l'absence de carbonates, la matière organique est rapidement intégrée au sol.

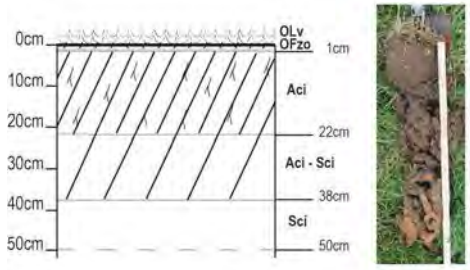


Figure 3.2.46 : Schéma pédologique du sondage 597 (CALCISOL haplique).

Cas particuliers I : les sols superposés

Dans cette étude, plusieurs sols superposés ont été décrits (Tableau 3.2.17). Tous sont situés sur le site de La Burtignière (Tableau 3.2.17 ; Figure 3.2.8). Une rupture minéralogique et/ou lithologique est visible dans chacun d'eux (principalement apports de minéraux sur une couche existante). Ces apports de minéraux ont été par le passé très importants jusqu'à former des horizons minéraux plus ou moins imperméables selon leur composition granulométrique, démontrant un changement de régime hydrique entre le premier sol et le second sur un même lieu de sondage.

Vu la profondeur d'apparition de ces changements, on peut peut-être imaginer que ces dépôts proviennent de la période du Petit Age Glaciaire, une période qui s'étend du XIV^{ème} au XIX^{ème} siècle et pendant laquelle les précipitations ainsi que les crues et inondations étaient plus importantes que de nos jours (PFISTER, 1985). Couplée certainement à des déboisements, l'érosion des berges et des sols a également été augmentée, favorisant donc l'apparition de conditions propices aux dépôts de particules minérales. Cependant, ceci n'est qu'une supposition, et il se peut que ces dépôts soient plus récents que cela.

Tableau 3.2.17 : Sols superposés présents dans les sites étudiés, et avec le groupe auquel ils appartiennent.

LIEU	NOM DU SOL	N° SONDAGE	GROUPE
Burtignière	RÉDUCTISOL TYPIQUE superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE calcique, eutrophe	1510	4
	RÉDUCTISOL TYPIQUE leptique, à horizon rédoxique, superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE calcique, mésotrophe	1645	8
	HISTOSOL MÉSIQUE acide, oligotrophe, superposé à un RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique	1556	4
	RÉDOXISOL à horizons A et g humifères, superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE calcique, eutrophe	532	8

RÉDUCTISOL TYPIQUE superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE

Ce profil (1510) se situe dans la Combe des Mines, en bordure de la tourbière du même nom, sur une moraine de fond jurassienne (Figures 3.2.8 et 3.2.47).

A un moment donné dans le passé (cf. ci-dessus), la légère pente venant des falaises et allant vers la tourbière a permis un apport important de matériel minéral (argiles et limons) par éboulement, colluvionnement et ruissellement, sur la tourbe existante (Figure 3.2.47). La nappe de la tourbière a alors créé des conditions réductrices et a fluctué légèrement. Elle a atteint la surface (qui ne contient aucune mousse) lors d'importantes précipitations ou lors de la fonte des neiges. A l'inverse, en été, cette nappe s'est abaissée. Dans ce cas, les horizons supérieurs ont été soumis à des conditions plus sèches. Ces conditions ont permis à la faune, principalement des vers (anéciques et autres), de dégrader assez rapidement la litière et de la lier efficacement aux particules minérales de l'horizon Gr. Le retour de la nappe jusqu'en surface a ensuite ralenti l'activité de dégradation de la faune et a détruit la structure grumeleuse de l'horizon de transition organo-minéral et minéral (An – Gr) précédemment formé. Le développement de l'horizon An présent en dessus de l'An – Gr s'est poursuivi ensuite de la même façon, grâce à l'alternance des conditions sèches et humides.

Actuellement, la nappe de la tourbière remonte dans le profil et le sature (périodiquement pour l'horizon An, de manière permanente pour l'horizon Gr), permettant l'existence d'un horizon réductique Gr ainsi que d'horizons

organo-minéraux à anmoor en surface (Figure 3.2.47). De plus, la présence de falaises et de pente aux alentours permet actuellement encore un apport de minéral sur ce sol. Cependant, comme cela peut se remarquer dans les horizons supérieurs de ce sol, ces apports sont probablement moindres que par le passé.

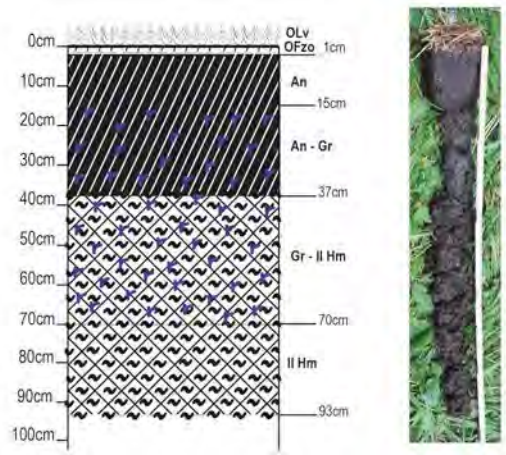


Figure 3.2.47 : Schéma pédologique du sondage 1510 (RÉDUCTISOL TYPIQUE superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE calcique, eutrophe).

RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE

Ce profil (1645) est situé en bordure des bas-marais acidophiles entourant le haut-marais du Carre, près de la frontière française, à proximité d'une doline en légère pente descendante depuis le haut-marais (Tableau 3.2.17 ; Figures 3.2.8 et 3.2.48 ; cf. Figure 5.6 dans le chapitre 5 de la discussion générale).

Comme dit précédemment, par le passé, un apport de minéral a été possible et s'est déposé sur la tourbe lors de débordements d'eau venant de la doline (Figure 3.2.48). Cet apport de minéral a déconnecté le reste du sol de la nappe du haut-marais. Les conditions sont devenues plus basiques, car le sol n'est plus soumis à la nappe phréatique du haut-marais mais à une nappe d'origine pluviale. Cette nappe pluviale, additionnée aux apports provenant de la doline et à la texture plutôt argileuse de l'horizon rédoxique (g), a ensuite fluctué selon l'importance des précipitations, formant ainsi une nappe permanente. Elle a atteint la surface lors d'importantes précipitations ou lors de la fonte des neiges. A l'inverse, en été, cette nappe s'est abaissée fortement, montrant des zones de non-saturation en eau. Dans ce dernier cas, les horizons supérieurs ont été soumis à des conditions plus sèches qui ont permis à la faune, principalement des vers (anéciques et autres), de dégrader rapidement la litière et de la lier efficacement aux particules minérales de l'horizon Go. Lors du retour de la nappe en surface, l'activité de dégradation de la faune a été ralentie et la structure grumeleuse de l'horizon de transition organo-minéral et minéral est démontée (An – Go ; Figure 3.2.48). La structure est devenue alors pâteuse et collante. Le développement de l'horizon An présent en dessus de l'An – Go s'est poursuivi ensuite de la même façon, c'est-à-dire grâce à l'alternance des conditions sèches et humides dues au fort battement de la nappe.

Actuellement, ce sol subit les fluctuations de la nappe du haut- et bas-marais. Celle-ci, à la fonte des neiges atteint et sature la surface, permettant la formation d'un horizon organo-minéraux à anmoor. En été, cette nappe fluctue et redescend, ce qui permet à l'horizon à anmoor de devenir grumeleux grâce à l'activité biologique.

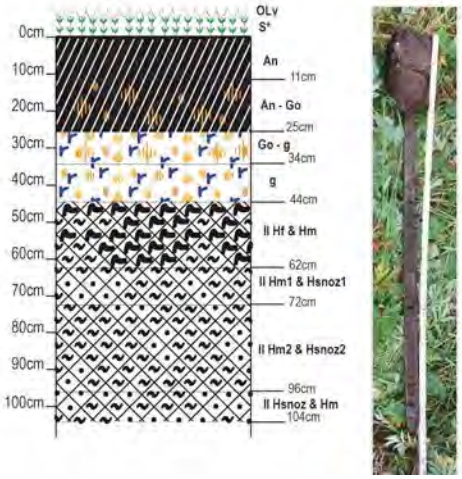


Figure 3.2.48 : Schéma pédologique du sondage 1645 (RÉDUCTISOL TYPIQUE leptique, à horizon rédoxique, superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE calcique, mésotrophe).

HISTOSOL MÉSIQUE superposé à un RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique

Ce profil (1556) se trouve dans un bas-marais se situant en bordure du haut-marais de Praz-Rodet et en bordure de l'Orbe, près d'un petit ruisseau traversant le haut-marais de Praz-Rodet, ainsi que sur des alluvions récentes (Figures 3.2.8 et 3.2.49 ; Tableau 3.2.17). Divers apports minéraux ont été amenés à un moment donné dans le passé par l'Orbe (Figure 3.2.49). Ces couches minérales ont modifié le régime hydrique, et ont plus précisément permis à l'eau d'y rester suffisamment longtemps pour permettre à la tourbe de se former. Actuellement, la nappe du haut-marais sature saisonnièrement le solum jusqu'à la surface, d'où la présence d'horizon histique mésique, un peu humifié.

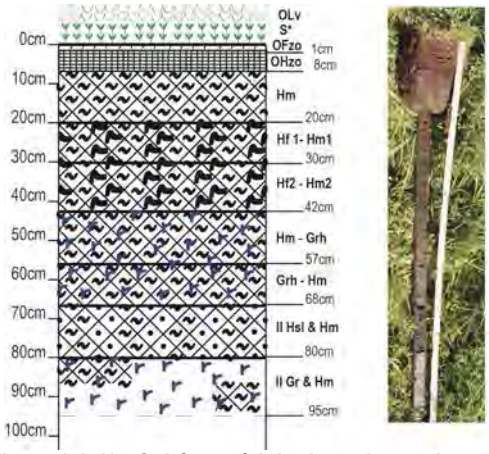


Figure 3.2.49 : Schéma pédologique du sondage 1556 (HISTOSOL MÉSIQUE acide, oligotrophe, superposé à un RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique).

RÉDOXISOL à horizons A et g humifères superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE

Ce profil (532), reposant sur des alluvions récentes, se situe en bordure de l'Orbe (rive gauche), proche d'une zone de bas-marais entourant un haut-marais, dans une zone plate (Figures 3.2.8 et 3.2.50 ; Tableau 3.2.17). Des apports de minéraux depuis l'Orbe se sont déposés sur la tourbe existante (Figure 3.2.50). La rupture minéralogique et/ou lithologique qui s'en est suivi ainsi que la texture plutôt argileuse des horizons g et l'emplacement du profil dans une zone plate, a permis ensuite la formation d'une nappe perchée en surface soumise aux eaux pluviales et complètement déconnectée de la nappe de ce haut-marais. Ainsi, aujourd'hui, de par son importance et sa fréquence de battement, la nappe temporaire formée par ces eaux fluctue dans l'horizon rédoxique (g) et atteint l'horizon situé juste en dessus, l'horizon organo-minéral hydromorphe (Ahg). La présence d'un horizon humifère indique que la saturation en eau est assez importante pour bloquer la minéralisation de la matière organique humifiée.

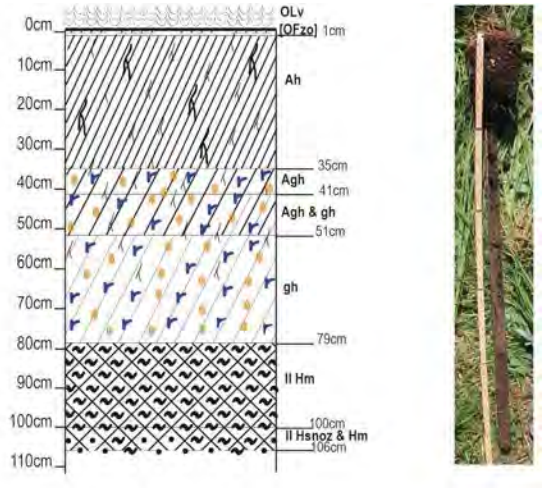


Figure 3.2.50 : Schéma pédologique du sondage 532 (RÉDOXISOL à horizons A et g humifères, superposé à un HISTOSOL MÉSIQUE calcique, eutrophe).

Cas particuliers II : les doubles rattachements

Des sols possédant en mélange des caractères hydromorphes et non hydromorphes ont été observés et plus abondamment sur les sites de Chapelle-des-Bois et du Sentier (Tableau 3.2.18 ; Figures 3.2.8, 3.2.9 et 3.2.10).

Tableau 3.2.18 : Sols à double rattachement présents dans les sites étudiés, et avec le groupe auquel ils appartiennent.

LIEU	NOM DU SOL	N° SONDAGE	GROUPE
Chapelle-des-Bois	CALCOSOL - RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface	1118	2
	RENDISOL - RÉDOXISOL leptique	1110 1117	2
	RENDOSOL - RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface	1095	2
Sentier	CALCOSOL - RÉDOXISOL leptique	1398	2
	RENDOSOL - RÉDOXISOL décarbonaté en surface, à horizon A humifère en surface	1668	7
	RENDOSOL - RÉDOXISOL pachique, décarbonaté en surface, à horizons A humifères	1394	7
	RENDOSOL - RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizons A humifères	1392	7
Burtignière	RENDOSOL - RÉDOXISOL leptique	563	2

CALCOSOL – RÉDOXISOL

Deux CALCOSOLS – RÉDOXISOLS sont présents dans des prairies à humidité variable non fauchées, notamment à Chapelle-des-Bois (sondage 1118 ; Tableau 3.2.18 ; Figures 3.2.10 et 3.2.51), en bordure des lacs des Mortes et de Bellefontaine, ainsi qu'au Sentier (profil 1398 ; Figure 3.2.9 ; Tableau 3.2.18). Ce sont des sols secs (CALCOSOLS) possédant des traces d'hydromorphie avec la présence de très minces horizons rédoxiques. Comme ils sont tous situés sur du substrat calcaire, ils contenaient tous à un moment donné des carbonates. Le sol de Chapelle-des-Bois (1118 ; Figures 3.2.10 et 3.2.51), reposant sur des dépôts morainiques, décarbonaté en surface, est situé en bordure du lac de Bellefontaine, en légère pente descendante en direction du lac. Une partie des eaux de pluie peut donc ruisseler sur la pente et ne pas s'infiltrer dans le sol. Les précipitations qui ont réussi à pénétrer dans ce sol ont entraîné les carbonates dans les profondeurs (Figure 3.2.51). Au Sentier, le sol est présent dans une petite trouée dans une forêt d'épicéas plantés, en bordure du lac de Joux (profil 1398 ; Figure 3.2.9).

Ces sols sont plutôt filtrants et ont un premier horizon A à pH de 6. Leurs horizons de surface possèdent une texture limoneuse, alors que les horizons plus en profondeur situés sur des alluvions, sont un peu plus argileux, et donc un tout petit peu plus imperméables. Ainsi, une partie de la pluie qui arrive à pénétrer dans ces sols est stoppée par ces horizons plus argileux, formant une petite nappe perchée (Figure 3.2.51). Le reste de la pluie passe directement dans les alluvions calcaires composés de graviers et de sables. Ainsi, la nappe n'atteint jamais la surface des profils, qui reste sèche. Cependant, l'eau

reste suffisamment longtemps dans le profil (au contact des cailloux et des argiles) permettant ainsi la formation de traces d'hydromorphie (Figure 3.2.51).

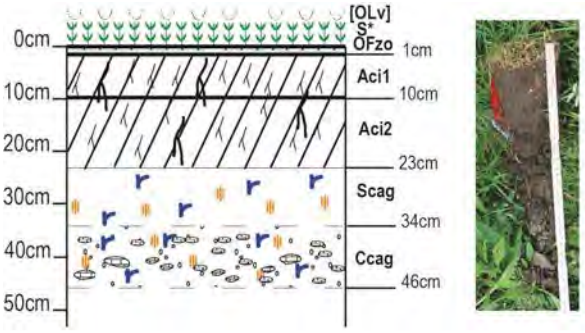


Figure 3.2.51 : Schéma pédologique du sondage 1118 (CALCOSOL- RÉDOXISOL leptique).

RENDOSOL – RÉDOXISOL

Au Sentier, trois RENDOSOLS – RÉDOXISOLS décarbonatés en surface et à horizons A humifères sont présents sur des alluvions récentes (1668, 1394, 1392 ; Figure 3.2.9 ; Tableau 3.2.18), et ont un pH oscillant entre 6 et 6.5. Un sol se situe en bordure du lac (1668 ; Figure 3.2.9) en légère pente descendante vers le lac. Les deux autres sols sont proches de l'embouchure de l'Orbe, sur une zone légèrement surélevée, qui est probablement une ancienne grève de l'Orbe ou du lac de Joux (profils 1392 et 1394 ; Figure 3.2.9).

Le RENDOSOL – RÉDOXISOL présent à Chapelle-des-Bois (1095 ; Figure 3.2.10 ; Tableau 3.2.18) est situé au sommet d'une petite butte dans une prairie. Ce sol est décarbonaté en surface et repose sur des dépôts morainiques.

A La Burtignière, un RENDOSOL – RÉDOXISOL est situé dans une zone de bas-marais en bordure de haut-marais et de l'Orbe, dans une zone plate mais sèche (563 ; Figure 3.2.8 ; Tableau 3.2.18) et est carbonaté sur toute la profondeur (Figure 3.2.52). Ce sol est complètement isolé de la nappe du haut-marais. Seules les eaux de pluie peuvent s'y infiltrer et former, au contact des gros cailloux calcaires présents en dessous, une petite nappe perchée, qui n'atteint jamais la surface.

Comme pour les CALCOSOLS – RÉDOXISOLS, ces sols sont filtrants. Leurs horizons ont une texture plutôt limoneuse avec une structure grumeleuse, traduisant une forte activité biologique. La pluie s'infiltrant passe quasiment tout droit à travers le sol. A quelques endroits, peut-être au contact des cailloux ou des racines, on pourrait supposer que l'eau puisse être maintenue et donc former quelques taches d'oxydo-réduction. Ainsi, la nappe perchée est quasiment inexistante, ce qui permettrait à l'ensemble de ces sols de rester secs. Ainsi, on pourrait supposer que l'importante présence de matière organique dans les horizons de surface ne soit ainsi pas provoquée par une anoxie, mais plutôt par les racines présentes en quantité abondante qui influencent la structure du sol (CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA GIRONDE, 2005), peut-être en la rendant plus compacte.

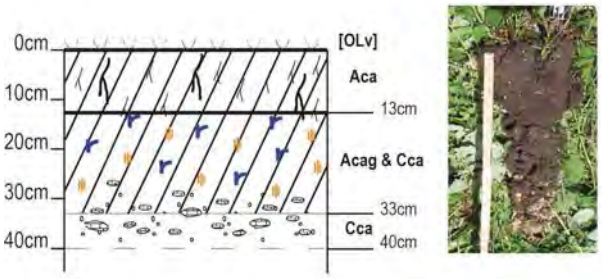


Figure 3.2.52 : Schéma pédologique du sondage 563 (RENDOSOL- RÉDOXISOL leptique).

RENDISOL – RÉDOXISOL

Présents à Chapelle-des-Bois, deux RENDISOLS – RÉDOXISOLS sont situés en bordure du lac des Mortes (1110 ; Tableau 3.2.18 ; Figures 3.2.10 et 3.2.53) et du lac de Bellefontaine (1117 : Figure 3.2.10 ; Tableau 3.2.18), dans une pente très légèrement descendante vers le lac. Ces sols sont peu profonds, assez compacts et reposent sur des alluvions récentes. Leur premier horizon A a un pH un peu plus acide (pH 5).

Le sol 1117 est plus humide. De plus, la structure compacte ainsi que la texture plutôt argileuse des horizons de profondeur permettent à l'eau de pluie d'être maintenue et de former des conditions d'anoxie. Selon l'abondance des précipitations et les saisons, le niveau de la nappe perchée augmente et sature le sol jusqu'à la surface, permettant la formation d'un horizon à anmoor. Le sol 1110 est un peu plus sec (Figure 3.2.53). Cependant, les horizons en profondeur sont, comme pour le profil 1117, plus argileux que ceux situés en profondeur. Ainsi, une partie de la pluie qui s'infiltre dans ce sol est maintenue dans ces horizons, formant une petite nappe perchée. Cette dernière ne peut pas fluctuer jusqu'à la surface, notamment à cause de la compacité de l'horizon organo-minéral.

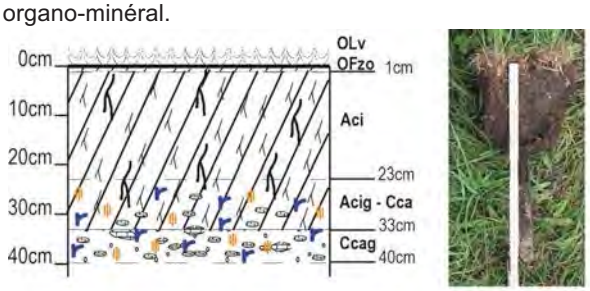


Figure 3.2.53 : Schéma pédologique du sondage 1110 (RENDISOL- RÉDOXISOL leptique).

3.2.5 Synthèse et points soulevés par cette étude

Résumé des sols présents

Cette section 3.2, qui avait pour objectif de décrire et d'identifier les sols présents dans les sites sélectionnés du Haut-Jura, a mis en évidence un grand nombre de sols différents. Sur l'ensemble des sites étudiés, on retrouve des sols hydromorphes classiques (histosols, RÉDUCTISOLS TYPIQUES et RÉDOXISOLS), des sols non hydromorphes (CALCISOLS et CALCOSOLS) et des sols

intermédiaires composés de ces deux caractéristiques en même temps.

Parmi les sols hydromorphes présents dans les sites d'étude, mais hors des sols tourbeux, la plupart contiennent passablement de matière organique, avec notamment des horizons A, g ou G plus humifères qu'à l'ordinaire (Ah, gh, Grh, Goh), ainsi que des horizons An d'anmoor. Cette richesse en matière organique résulte des conditions anoxiques temporaires régnant dans les profils. Cette anoxie ralentit l'activité biologique, provoquant une accumulation de matériel organique dans les horizons mentionnés.

Les RÉDUCTISOLS TYPIQUES sont caractérisés par des nappes permanentes pouvant osciller selon les saisons et les quantités d'apports en eau. Ils sont présents dans des cuvettes, des replats en bordure de ruisseaux, de rivières ou de lacs. Ils sont souvent directement en contact avec la nappe phréatique de ces derniers. Ils sont présents sur des substrats variés mais meubles et profonds (alluvions récentes, moraine de fond ou craie lacustre par exemple). Ces conditions sont trouvées sur l'ensemble des trois sites étudiés, ce qui confirme que ce type de sol est présent et possible sur tous ces sites.

Les RÉDUCTISOLS STAGNIQUES, sont présents à La Burtignière en bordure de l'Orbe et de ruisseaux, sur des alluvions récentes et des moraines de fond. Ils sont caractérisés par une nappe perchée permanente et réductrice, qui est alimentée par les précipitations ainsi que par des apports latéraux.

Les RÉDOXISOLS sont quant à eux caractérisés par une nappe temporaire alimentée par les pluies et les eaux de ruissellement. Ils sont notamment présents dans des cuvettes ou des zones plates en bordure de ruisseaux, ainsi qu'en bas de pente dans des zones soumises à l'alluvionnement, au colluvionnement et au ruissellement. Afin de permettre l'existence de cette nappe, le socle doit être imperméable (mélange de marne, molasse, de moraine ou de tourbe tassée provenant du Tertiaire et du Quaternaire) : ces sols sont donc présents sur des alluvions, dans des cônes de déjection ou sur de la tourbe. De plus, il faut impérativement que la quantité d'eau apportée dans le solum soit plus importante que celle qui s'évacue du profil (infiltration, évapotranspiration). Ces sols ont donc besoin de conditions fort variées pour leur installation, ce qui conduit à leur présence et importance dans les trois sites d'étude.

Les RÉDOXISOLS réductiques sont présents dans des cuvettes, en bordure de ruisseaux ou de rivières, et sont soumis, en plus de la nappe temporaire de surface, à une nappe permanente et fluctuante provenant des profondeurs.

Plus riches encore en matière organique, les histosols sont situés dans des zones saturées en eau pendant plus de six mois par an. On les trouve notamment dans des cuvettes humides des hauts- et des bas-marais, en bordure de ces deux derniers ainsi que dans des prairies ou des pâturages piétinés. Ils sont caractérisés par un ensemble d'horizons histiques (Hf, Hm et Hs). Ces conditions sont trouvées sur l'ensemble des trois sites étudiés, ce qui confirme également que ce type de sol est présent et possible sur tous ces sites.

Les sols intermédiaires aux sols secs et aux sols hydromorphes de type RÉDOXISOLS sont présents majoritairement sur des dépôts morainiques ou des buttes à proximité de zones humides, de rivières ou de lacs. Ces sols sont particuliers car ils sont composés d'horizons à texture filtrante ainsi que, plus en profondeur, de couches plus imperméables. Ainsi, une partie de la pluie qui arrive à pénétrer dans ces sols est stoppée par ces horizons plus argileux, formant une petite nappe perchée. Le reste de la pluie passe directement dans les alluvions calcaires composées de graviers et de sables. Ainsi, la nappe n'atteint jamais la surface des profils, qui reste sèche. Cependant, un peu plus en profondeur, l'eau reste suffisamment longtemps dans le profil (au contact des cailloux et des argiles) pour permettre la formation de traces d'hydromorphie. Ces conditions d'humidité variable sont notamment très présentes au Sentier et à Chapelle-des-Bois, ce qui confirme la présence de ce type de sol sur ces deux sites.

Les sols les plus secs, non hydromorphes, sont trouvés dans des zones situées plus en retrait des zones humides, et plus précisément dans des pâturages ou des prairies en pente, sur des moraines, dans un relief convexe ou sur des buttes. Ces conditions sont trouvées sur l'ensemble des trois sites étudiés, ce qui confirme également que l'installation de ce type de sol est également possible sur tous ces sites. Ces zones sont soumises à l'érosion et l'influence de l'eau est moindre que dans les autres sols présentés. Ce cas peut sembler particulier : en effet, comment expliquer alors que ces sols sont colonisés tout de même par une flore de marais ? L'explication est la suivante : ces sols sont majoritairement situés dans des zones pâturées en pente, et plus précisément dans des endroits où le bétail est fréquemment trouvé et rassemblé. Ils subissent donc le piétinement du bétail. Étant en pente, l'eau ruisselle le long de la pente et ne peut être contenue que dans les trous faits par les vaches. Ce tassement induit par les vaches permet à l'eau de rester suffisamment longtemps en surface dans ces trous pour favoriser le développement d'une végétation hygrophile mais pas assez pour que cela affecte le sol et que cela crée de la tourbe ou des traces d'hydromorphie. N'oublions pas que le sol aurait pu montrer quelques signes d'hydromorphie en surface si le sondage avait été effectué un peu plus loin, notamment dans un trou de vache.

Cette étude a également permis de détecter des sols particuliers, composés de succession d'horizons témoignant une rupture ou une suite illogique dans leur fonctionnement ainsi que dans leur morphologie. Ces ruptures ou suite illogiques, détectées dans cette étude par le paramètre **« traces de ruptures minéralogiques et/ou lithologique »** et également par la présence d'une succession d'horizons différente des clés de détermination

(ex. horizons Hs secs en surface, au-dessus de Hf par exemple), laissent entrevoir que ces sols ont subi des événements particuliers à un moment donné. Cependant, comme il n'existe aucun point zéro pour cette étude, aucune échelle de temps n'est disponible pour les dater. Ainsi, on ne peut donc pas savoir quand ces modifications écologiques ont eu lieu, mais simplement supposer et parfois démontrer (notamment dans les cas où un horizon A se trouve directement en-dessus d'un ou plusieurs horizons H) que ces dernières ont eu lieu. Ainsi, même si des perturbations environnementales semblent avoir été détectées avec ces observations de terrain, on ne peut être sûr du moment où cela s'est produit. Ce qui a été fait dans cette étude, c'est d'utiliser l'épaisseur des horizons et leur position dans le profil pour aider à trancher et donc estimer si la modification a eu lieu récemment ou dans le passé : dans ce cas, les traces de rupture minéralogique ou fonctionnelle situées plus en profondeur ont eu lieu, de façon relative, plus anciennement que des traces situées plus haut dans le profil (BAIZE & GIRARD, 2009). Cependant, seules des études futures ou complémentaires permettront de valider cette estimation, puisque cette étude ou section pourrait être le point zéro.

Parmi ces sols, on trouve des sols superposés ainsi que des histosols possédant des horizons histiques sapriques en surface.

Quelques histosols observés dans cette étude peuvent montrer des changements de conditions hydriques. Ceci concerne des histosols possédant des horizons histiques plus décomposés en surface, donc dans les premiers horizons. Concernant les horizons histiques sapriques, qui sont caractéristiques de tourbe décomposée, ceux-ci peuvent être un Hsnoz (c'est-à-dire que la matière organique est décomposée par les micro-organismes anaérobies ou aérobies selon les conditions respectivement anoxiques (saturées en eau) ou oxiques (sèches)) ou Hszo ou Hsl (matière organique décomposée par la faune en conditions sèches donc oxiques). Comme cela l'a été remarqué dans quelques de profils concernés, ces horizons Hs étaient généralement plus secs que les autres situés plus en profondeur. Ainsi, dans cette étude, un horizon plus décomposé en surface (de type Hs) et plus sec que les autres horizons présents en dessous peut donc laisser supposer un changement de régime hydrique, notamment un assèchement. D'ailleurs, cette perturbation est d'autant plus récente si la formation de ces horizons plus décomposés en conditions oxiques débute à faible profondeur.

Des sols superposés sont présents à La Burtignière et traduisent des changements hydriques qui ont probablement eu lieu par le passé (peut-être durant le Petit Age Glaciaire). Situés dans ou proches de zones de bas-marais en bordure de hauts-marais et près de l'Orbe ou d'autres apports d'eau (ruissellement par exemple), ces sols ont subi anciennement des apports de minéral qui se sont déposés sur la tourbe ou sur le sol existant. Dans deux cas, cette rupture minéralogique et/ou lithologique, ainsi que la texture plutôt argileuse des horizons g et l'emplacement des sols, ont permis ensuite la formation d'une nappe perchée en surface. Cette rupture minéralogique a en effet complètement déconnecté le sol de la nappe initiale du haut-marais, le soumettant ainsi uniquement aux eaux pluviales et à leur fréquence. Ainsi, aujourd'hui, de par son importance et sa fréquence, la nappe temporaire formée par ces eaux fluctue dans l'horizon rédoxique (g) et atteint les horizons supérieurs riches en matière organique. Dans les deux autres cas, ces apports de minéraux n'ont pas déconnecté le profil de l'eau de la nappe et celle-ci sature l'entier du profil. La hauteur de la nappe détermine soit la formation d'horizons histiques en surface (en cas de saturation complète), soit d'horizons organo-minéraux à anmoor (en cas de battements de nappe). Ces zones ont donc subi, comme précédemment, une évolution allant vers une dégradation de l'écosystème tourbeux.

Facteurs écologiques et diversité des sols dans les sites étudiés

Les sites étudiés contiennent une importante diversité spatiale des sols, de leur typologie et de leur fonctionnement. Comme pour la végétation à la section précédente (section 3.1), le groupement combine deux classifications (une basée sur la ressemblance des relevés ainsi qu'une autre basée sur des critères d'assignement que sont les descripteurs pédologiques) qui ne semblent pas être liées : en effet, un groupe de la classification contient divers types de sols et ceux-ci sont très dispersés à l'intérieur du dendrogramme. Par contre, ce dernier sépare bien les sols histiques saturés en eau pendant plus de six mois par an (histosols) des autres sols moins saturés en eau (minéraux, hydromorphes et non-hydromorphes et plus secs).

Ceci semble indiquer que l'**intensité de l'engorgement** semble être le facteur prépondérant de cette diversité et de la pérennité des sols observés ici. Ceci rejoint plusieurs études faites dans les marais et les zones alluviales : les sols de milieux humides sont caractérisés et fortement influencés par une hydrologie locale et particulière, ce qui se traduit ensuite par l'apparition dans le sol de nombreux processus chimiques et physiques comme la formation de tourbe ou le développement de traces d'hydromorphie (WILDING & REHAGE, 1985 ; SCOTT *et al.*, 1989 ; BRIDGHAM *et al.*, 1991 ; REDDY *et al.*, 2000 ; BULLINGER-WEBER, 2007).

Dans les sols étudiés, cette intensité d'engorgement se traduit par la présence ou l'absence de tourbe ou d'horizons tourbeux, ainsi que par l'existence de sols hydromorphes plus secs (intermédiaires) et de sols non hydromorphes (Figure 3.2.54). Ceci permet d'expliquer les grandes séparations identifiées par le dendrogramme dans la rubrique des résultats. Par ailleurs, comme pour la végétation (section 3.1), un groupe contient différents sols. Cela signifie que ces sols sont tous très dépendants des conditions écologiques régnant sur le site d'étude, comme les conditions hydriques.

Dans les sites d'étude, cette intensité d'engorgement est certes prioritairement due au climat, notamment à la pluviosité élevée dans le Haut-Jura. Cependant, de nombreux paramètres ou processus – répartis spatialement en mosaïque – influencent de manière combinée cette saturation en eau : celle-ci différant dans le paysage, influence par conséquent la diversité ainsi que la typologie observées de sols (Figure 3.2.54).

(1) la présence de lacs, de rivières ou de nombreux ruisseaux et de complexes tourbeux (ou tourbières) dans les sites étudiés, influence grandement cette diversité de sol et leur fonctionnement, ceci grâce à leurs nappes. Ces dernières, pouvant être permanentes ou temporaires, stables ou fluctuantes, profondes ou perchées, conduisent à de nombreux régimes hydriques différents et par conséquent à une diversité typologique et fonctionnelle beaucoup plus élevée qu'attendue sous un régime influencé uniquement par des précipitations abondantes ou par un seul système de nappe.

(2) les très nombreux et différents types et perméabilités du sous-sol (substrat imperméable composé de moraines, molasse et argiles glaciaires ; substrat composé de nombreux cailloux ; substrat plus filtrant ou plus perméable grâce à la craie lacustre) ainsi que la texture et la structure des horizons (présence de sables et d'argiles notamment ; structure massive ou non) ont également une grande importance sur le niveau d'eau présent dans le sol et donc sur le fonctionnement de ce dernier (Wilding & Rehage, 1985 ; Ponge, 2003 ; Ponge *et al.*, 2011). Ce point reflète la capacité qu'a un sol pour drainer l'eau.

(3) la géomorphologie – regroupant ainsi le relief et la topographie – de par sa diversité importante sur les sites étudiés (cuvettes, buttes, plats, pentes, falaises), crée une quantité importante de situations différentes propices à une grande diversité de sols et donc de conditions d'engorgement différentes (Wilding & Rehage, 1985). Par ailleurs, liés à ces conditions géomorphologiques et topographiques locales, des processus tels que le ruissellement, l'alluvionnement ainsi que le colluvionnement, favorisent une diversité fonctionnelle et typologique importante de sol. Ainsi, tout comme les sols alluviaux, les sols des marais étudiés sont donc fortement influencés par les processus géomorphologiques régnant en un endroit (Gerrard, 1987, 1992 ; McAuliffe, 1994 ; Bullinger-Weber, 2007).

(4) la végétation ainsi que l'homme et ses activités agricoles jouent également un rôle important sur cette quantité d'eau, notamment en ce qui concerne les arbustes (qui peuvent créer des conditions plus sèches grâce à l'absorption d'eau) et le bétail par le tassement des couches superficielles du sol et les trous qu'il laisse à la surface du sol (Tournade & Bouzillé, 1991).

(5) tout comme cela a été démontré dans les sols alluviaux, les sols des marais et plus précisément leur morphologie, dépendent de leur position dans un paysage (Austin & Aslan, 2001). Ainsi, le constat est identique dans une zone de marais et de tourbière : une diversité paysagère avec des conditions hydrologiques diversifiées influence donc la formation, le fonctionnement mais également la diversité de ces sols humides.

(6) Par ailleurs, cette étude a permis de détecter, notamment sur le site de La Burtignière, des zones tourbeuses en contact avec une rivière à courant assez fort, l'Orbe. Cette proximité paradoxale, rare et exceptionnelle, n'est possible que grâce aux nombreux méandres présents, qui peuvent laisser, régulièrement et à des endroits variables au cours du temps, des bras morts, ce qui permet ensuite à la tourbe de se former dans ces zones saturées en eau stagnante. Ainsi, ceci laisse percevoir que cette zone est en perpétuelle **modification spatiale**, ayant par conséquent une influence directe sur la typologie des sols, leur fonctionnement et donc leur diversité (Gobat, 1984 ; Carrera & Brodard, 2014). A noter également que ces zones tourbeuses peuvent correspondre à d'anciens hauts-marais qui ont été drainés et pâturés et qui sont aujourd'hui des zones tourbeuses en contact avec la rivière (exemple des bas-marais en dessous de la ferme de Praz-Rodet).

(7) Les **modifications temporelles** anciennes et récentes – détectées sur le site de La Burtignière – peuvent être considérées comme des facteurs importants influençant également la diversité des sols. En effet, comme cela l'a été démontré par cette étude, des perturbations du régime hydrique ainsi que des apports de minéraux par ruissellement, alluvionnement ou colluvionnement peuvent créer des situations diverses qui augmentent ainsi les possibilités de sols au niveau fonctionnel et typologique.

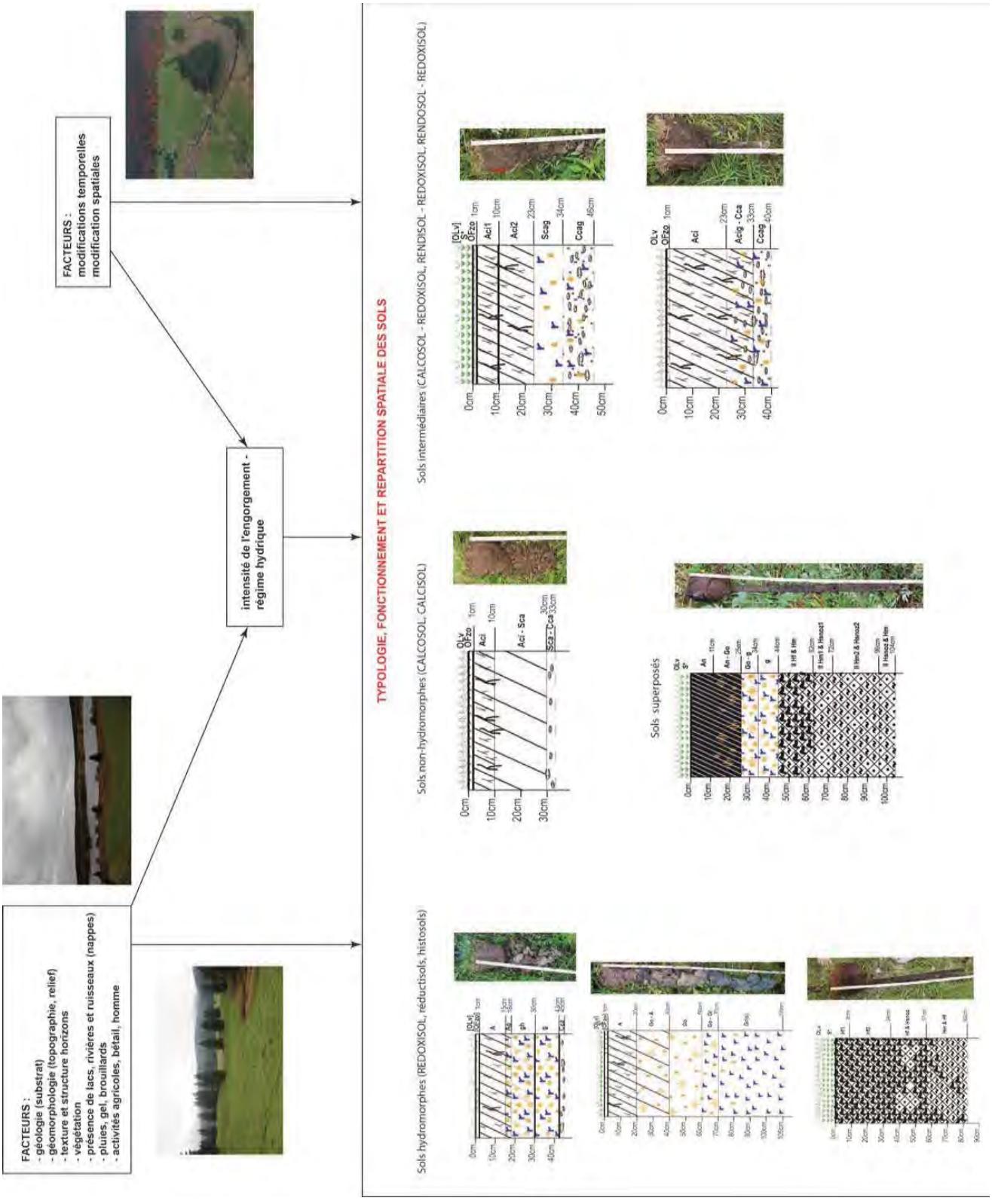


Figure 3.2.54 : Schéma représentant les différents facteurs et leur influence sur l'intensité de l'engorgement, le régime hydrique, et donc sur la typologie, le fonctionnement et la répartition spatiale des sols.

La variabilité des différents points présentés précédemment reflète la diversité de sols observée. En effet, on peut également et aisément déclarer que la quantité de ces facteurs a une influence sur la diversité et la typologie des sols en un endroit donné : la grande présence de sols différents remarqués sur le site de La

Burtignière semble en effet être le reflet de cette grande diversité de conditions qu'il contient (milieux différents, rivière, méandres, tourbières, cuvettes, plats, etc.). Ainsi, ce site contient des types de sols très différents du point de vue typologique et fonctionnel. A l'inverse, les sites du Sentier et de Chapelle-des-Bois, moins diversifiés en terme de substrats géologiques (en particulier un substrat plus poreux composé respectivement de craie lacustre et de moraine de fond) et plus homogène au niveau de la topographie (respectivement assez plat et possédant beaucoup de zones en pente) montrent ainsi une diversité de sols plus faible, ainsi qu'une présence plus abondante de sols particuliers plus secs.

Il est également important de préciser que cette diversité observée de sols peut également être due à un effet d'échantillonnage dès le départ. Cependant, comme l'échantillonnage, aléatoire, a été fait sur une diversité équilibrée de types de végétation, cela pour pouvoir ensuite caractériser les alliances en question en fonction de leurs sols et de leurs formes d'humus (section 3.4), cette part n'est donc pas majoritaire.

3.2.6 Conclusion

En plus d'améliorer les connaissances sur les sols présents dans les milieux humides du Haut-Jura, cette étude des sols a permis de démontrer que les sites étudiés, de surface restreinte, sont composés d'une diversité exceptionnelle de sol, tant au niveau fonctionnel, spatial et typologique. Cette diversité est principalement due à l'existence et à la répartition en mosaïque de nombreuses conditions écologiques et de facteurs qui influencent de manière combinée l'intensité d'engorgement (climat, topographie, matériel parental, facteurs biotiques, morphologie des horizons, géomorphologie, modifications spatiales, temporelles). Toutes ces diverses conditions ont également, et plus généralement, une importance sur le paysage, puisqu'une quantité importante ainsi qu'une répartition hétérogène et en mosaïque de ces facteurs *in situ* permettent d'avoir un paysage diversifié fonctionnellement et typologiquement (GOBAT, 1984). Il est également important de mentionner que ce paysage actuel diversifié – et donc la typologie des sols observée – a certainement été fortement influencé et façonné par différents processus qui sont intervenus de façon marquée durant le Petit Age Glaciaire. En effet, durant cette longue période, le climat rigoureux et humide à favorisé les inondations et les crues, et par conséquent les processus d'érosion, d'alluvionnement et de colluvionnement. Ceux-ci ont à leur tour joué un rôle primordial par exemple sur la formation et la destruction des méandres et des pentes, et donc sur la mise en place du paysage actuel et le déterminisme des sols.

Par ailleurs, cette étude a permis de mettre en évidence des situations de sols exceptionnelles, notamment à la Vallée de Joux, avec la présence de sols sur craie lacustre en bordure du lac et ainsi que de zones tourbeuses en bordure d'une rivière à courant assez fort. Ce dernier cas est très rare, et n'est connu ailleurs en Suisse que dans la région de Rothenthurm. Les sites étudiés sont donc des sites exceptionnellement diversifiés qu'il convient de protéger, également pour leur valeur pédologique.

Cette étude des sols fournit également de nombreux indices de perturbations dans un écosystème, comme des modifications du régime hydrique. Cependant, comme cela l'a déjà été mentionné, il n'est pas possible avec cette étude de savoir quand ces modifications ont eu lieu. De futures études avec des mesures de datation isotopiques ou autres pourraient par exemple être envisagées pour estimer la chronologie de ces modifications. De plus, il pourrait être intéressant de vérifier la possibilité d'utiliser le paramètre « épaisseur des horizons » comme un outil potentiellement adéquat pour différencier une modification ancienne ou plus récente (< 40 ans par exemple).

3.3 Descriptions des formes d'humus

3.3.1 Introduction

Dans tout écosystème, le matériel végétal mort tombe à un moment donné sur le sol ou meurt en son sein, et subit toutes sortes de transformations jusqu'à y être incorporé (TOUTAIN, 1981). L'épisolum humifère constitue justement le siège de cette transformation, et est plus précisément l'endroit où se rencontrent et se lient la matière organique et la matière minérale grâce notamment à la faune du sol (PONGE, 2003 ; GOBAT *et al.*, 2010). Cette partie supérieure du sol comprend donc l'ensemble des horizons allant des horizons organiques (holorganiques : horizons O ; histiques : horizons H) aux horizons organo-minéraux (A). Ces différents horizons ont des fonctionnements particuliers dépendant entre autres des conditions environnementales régnant à la surface et dans le sol (BAIZE & GIRARD, 2009). Le fonctionnement de cet épisolum humifère est reflété par ce que l'on appelle les formes d'humus, notamment par les successions d'horizons qu'elles présentent et qui seront différentes selon les conditions écologiques régnant en un endroit donné (BAIZE & GIRARD, 2009 ; GOBAT *et al.*, 2010 ; PONGE, 2013). Ainsi, selon les conditions, la transformation de la matière organique ainsi que son incorporation à la matière minérale présente dans le sol seront différentes. Par exemple, les sols plutôt secs et basiques sont composés d'une faune abondante et variée (PONGE, 2012). Très active, cette dernière décompose rapidement la litière fraîchement tombée et l'incorpore rapidement au sol (TOUTAIN, 1981 ; PONGE, 2012). A l'inverse, dans des sols plus acides et/ou saturés en eau, la faune sera moins abondante : par conséquent la décomposition de la matière organique sera grandement ralentie ou bloquée. Cette dégradation sera faite soit par l'intermédiaire d'une faune moins efficace, résistante au pH bas, soit par des bactéries anaérobies en cas de saturation trop importante en eau.

La forme d'humus est donc révélatrice du fonctionnement et de la biodiversité du milieu. C'est donc un intégrateur primordial des facteurs influençant la transformation et la régulation de la matière organique ainsi que son intégration à la matière minérale (efficacité et activité biologique, énergie lumineuse et thermique, présence ou non d'eau, pH et qualité de la litière, climat, géologie ; BAIZE & GIRARD, 2009 ; PONGE *et al.*, 2011 ; PONGE, 2013). Révélatrices de tous ces facteurs, les formes d'humus peuvent être des outils importants – et malheureusement trop peu employés dans les études actuelles (écosystémiques ou de modifications de la végétation, par exemple) – dans diverses perspectives, comme la compréhension passée, actuelle et future de la dynamique d'un écosystème et de son évolution (stabilité ou déséquilibre) (PONGE, 2003 ; PONGE & CHEVALIER, 2006). En effet, la modification de l'un de ces facteurs cités précédemment, est susceptible de se traduire par un changement de la forme d'humus (BERNIER & PONGE, 1994 ; PONGE, 2012, 2013). Par ailleurs, en tant que charnière spatio-temporelle, elles sont ainsi de bons indicateurs des caractéristiques ou du fonctionnement d'un écosystème, fournissant par exemple des informations écologiques sur la vitesse de décomposition ou de minéralisation de la matière organique. De même, elles sont plus intéressantes et pertinentes à utiliser dans une étude de changements de végétation que les sols en entier, puisqu'elles évoluent beaucoup plus rapidement que ces derniers, et sont plus facilement atteignables car proches de la surface. Elles semblent donc très utiles dans la détection et l'explication de changements récents, passés ou futurs dans un écosystème, mais également dans l'explication du fonctionnement actuel d'un milieu (BERNIER & PONGE, 1994 ; PONGE, 2003 ; BULLINGER-WEBER *et al.*, 2007 ; PINTO *et al.*, 2007 ; EGLI *et al.*, 2009 ; PONGE *et al.*, 2011).

De manière générale, les formes d'humus sont assez bien étudiées et décrites en Europe dans les milieux aérés, les forêts (DUCHAUFOUR, 1960 ; BERNIER & PONGE, 1994 ; PONGE, 2003 ; PONGE & CHEVALIER, 2006 ; PONGE *et al.*, 2011), et les pâturages boisés du Jura (HAVLICEK, 1999). Dans les milieux humides ou les zones alluviales, les formes d'humus sont très peu connues et également très peu décrites (WIDMER, 2013). Dans la région de la Vallée de Joux et de Chapelle-des-Bois, cette connaissance est d'ailleurs presque inexistante : uniquement une étude les a récemment décrites dans une zone très restreinte de tourbières présente à la Vallée de Joux (Praz-Rodet ; CARRERA & BRODARD, 2014).

Selon les clés de détermination actuelles (ZANELLA *et al.*, 2011 ; JABIOL *et al.*, 2013), il existe plusieurs types de formes d'humus, qui diffèrent selon leurs horizons diagnostiques et leur fonctionnement (activité biologique) (Tableau 3.3.1). Selon la clé de ZANELLA *et al.* (2011), on peut citer les TERROFORMES (formes terrestres) ainsi que les HISTOFORMES, les HYDROFORMES et les EPIHISTOFORMES (formes semi-terrestres). Dans la clé de JABIOL *et al.* (2013) – clé européenne des formes d'humus s'insiprant de la WRB pour les sols – les HYDROFORMES sont des formes terrestres inondées périodiquement pendant moins de six mois par an (TERROFORMES précédées du préfixe « *Stagnic* »), et les EPIHISTOFORMES sont des formes semi-terrestres dont une partie du profil est hors d'eau pendant plus de six mois par an et l'autre est submergée durant plus de six mois par an (HISTOFORMES précédées du préfixe « *Epihistic* »). D'autres formes terrestres existent encore, les ENTIFORMES (reposant directement sur de la roche et possédant un horizon organo-minéral très mince) et les PARAFORMES (constituées de plus 60% de racines vivantes ou de bois en décomposition), mais elles ne seront pas présentées ci-dessous. Ces deux groupes ont d'ailleurs été éliminés de la clé de JABIOL *et al.* (2013) et figurent sous le type général de PARAHUMUS. Dans ces derniers, l'activité biologique est complètement masquée

par les abondantes racines ou par de la roche située à faible profondeur.

Les **TERROFORMES** (TERROFORMS selon JABIOL *et al.*, 2013) sont des formes d'humus terrestres se trouvant dans des milieux complètement hors de l'eau, donc dans des conditions aérées. Elles sont caractérisées par les horizons OL, OF, OH et A.

Les **HYDROFORMES** (*Stagnic* TERROFORMS selon JABIOL *et al.*, 2013) sont des formes d'humus semi-terrestres dont la submersion est inférieure à six mois par an ; elles sont présentes dans des milieux relativement humides subissant des remontées capillaires ou un rapide battement de nappe (ZANELLA *et al.*, 2011). Ces formes d'humus contiennent toutes un horizon organo-minéral hydromorphe particulier, contenant des taches d'oxydo-réduction. Celles-ci traduisent le fonctionnement actuel du milieu (saturation temporaire de l'horizon, zone de battement de nappe) mais peuvent aussi être le reflet d'une hydromorphie ayant eu lieu dans le passé (JABIOL *et al.*, 2007)

Les **HISTOFORMES (**HISTOFORMS selon JABIOL *et al.*, 2013) sont des formes semi-terrestres se développant dans des milieux saturés en eau et ce durant plus de six mois par an (ZANELLA *et al.*, 2011). Ces conditions de saturation d'eau et d'acidité ralentissent considérablement la dégradation de la matière organique, puisqu'elles empêchent toute présence de faune. Ainsi, la matière organique s'accumule sous forme de tourbe, caractérisée par des horizons histiques H (ZANELLA *et al.*, 2011). Au contraire, si ces conditions saturantes en eau et acides diminuent, l'activité biologique augmente et devient efficace, ce qui a pour conséquence une dégradation de la matière tourbeuse.

Les **EPIHISTOFORMES** (*Epihistic* HISTOFORMS selon JABIOL *et al.*, 2013) sont des formes semi-terrestres se développant dans des milieux saturés en eau (ZANELLA *et al.*, 2011). Elles comportent des horizons histiques H, caractéristiques de la saturation en eau durant plus de six mois par an, ainsi que des horizons organo-minéraux hydromorphes (Ag ou An) qui sont synonymes de présence de matière minérale à la surface et de conditions plus sèches (saturation en eau durant moins de six mois par an, donc hors de l'eau durant plus de six mois par an). Elles peuvent être synonymes d'HISTOFORMES en formation (la surface se sature en eau, ce qui permet la formation de tourbe ; ZANELLA *et al.*, 2011). Elles peuvent également représenter l'inverse, traduisant le passage d'une HISTOFORME vers une HYDROFORME, du plus humide au moins humide (ZANELLA *et al.*, 2011).

Toutes ces grandes catégories de formes d'humus peuvent être subdivisées en types morpho-fonctionnels ou biologiques, qui diffèrent selon l'efficacité et l'importance de l'activité biologique, et donc de la dégradation et du turnover de la matière organique (ZANELLA *et al.*, 2011 ; JABIOL *et al.*, 2013). Ainsi, sur un gradient partant de l'efficacité biologique (ou dégradation de la matière organique) la plus faible à la plus élevée, on trouve : les MORS (TERROMORS, HYDROMORS, HISTOMORS, EPIHISTOMORS), TANGELS (TERROTANGELS, HYDROTANGELS), AMPHIS (TERROAMPHIS, HYDROAMPHIS, HISTOAMPHIS, EPIHISTOAMPHIS), MODERS (TERROMODERS, HYDROMODERS, HISTOMODERS, EPIHISTOMODERS), et MULLS (TERROMULLS, HYDROMULLS, HISTOMULLS, EPIHISTOMULLS). Dans les HISTOFORMES, un type particulier, appelé HISTOANMOOR, est également présent. Il est caractérisé par une abondance de matière organique décomposée résultant de la succession de conditions saturantes en eau et sèches. Ces subdivisions peuvent également être réparties dans des sous-types biologiques plus détaillés, correspondant à la présence et à l'épaisseur des horizons diagnostiques, et traduisant donc ainsi l'efficacité biologique et le fonctionnement du milieu (Tableau 3.3.1 ; ZANELLA *et al.*, 2011 ; JABIOL *et al.*, 2013).

Le but principal de cette section est d'identifier et de décrire, selon l'échantillonnage mis en place, les formes d'humus présentes dans les marais étudiés. Les informations obtenues seront ensuite utilisées plus tard à la section 3.4 pour comprendre les relations écosystémiques générales entre le sol, les formes d'humus et la végétation, ainsi que dans le chapitre 4 concernant les changements de végétation. Les sites étudiés, comportant des sites en Suisse et un site en France (cf. paragraphe 3.3.2, « Sites étudiés »), figurent dans plusieurs inventaires fédéraux pour la partie suisse (ORDONNANCE SUR LES HAUTS-MARAIS, 1991 ; ORDONNANCE SUR LES ZONES ALLUVIALES, 1992 ; ORDONNANCE SUR LES BAS-MARAIS, 1994 ; ORDONNANCE SUR LES SITES MARÉCAGEUX, 1996), ainsi que dans le réseau Natura 2000 pour la partie française (NATURA 2000, 1992). Ces sites humides sont reconnus pour être riches en biodiversité paysagère, animale et végétale. Cependant, hormis l'étude de CARRERA & BRODARD (2014) faite uniquement à proximité d'une tourbière présente sur le site de La Burtignière, ils n'ont jamais été étudiés au niveau des formes d'humus, alors que celles-ci peuvent contenir beaucoup d'informations sur le fonctionnement passé et actuel, ainsi que sur le devenir de ces sites et des milieux qu'ils contiennent. **Quelles sont donc les formes d'humus présentes dans les marais des sites étudiés ? Sont-elles diversifiées ?** On peut légitimement supposer que la diversité des formes d'humus des sites d'étude est assez grande, compte tenu de la diversité du sous-sol géologique et du relief des sites concernés, ainsi que celle des sols étudiés à la section précédente (cf. section 3.2). **Permettent-elles de dégager des tendances sur les sites étudiés en ce qui concerne leur état actuel et leur devenir ?** Comme la théorie le suggère, il est très probable que les formes d'humus reflètent le fonctionnement actuel des milieux, ainsi que leur état de conservation.

Afin de répondre à ces questions, des sondages pédologiques ont été effectués en 2013 au centre des surfaces des relevés prédédemment effectués pour l'étude de la végétation (cf. section 3.1). Grâce à une méthode de groupement, une description de chaque

forme d'humus a été effectuée au niveau de ses spécificités (horizons et dynamique) : un aperçu du fonctionnement actuel et ancien des zones humides étudiées a été obtenu. Une évaluation des deux clés de formes d'humus (spécialement adaptées aux écosystèmes forestiers ; ZANELLA *et al.*, 2011 ; JABIOL *et al.*, 2013) a également pu être effectuée dans ces milieux peu étudiés.

N.B. : Concernant ces deux clés de détermination, le but de cette étude n'est pas de les comparer ni de trouver les avantages ou inconvénients de chacune, mais uniquement de détecter quels sont leurs manques au vu des résultats obtenus en milieux humides. La clé de ZANELLA et al. *(2011) a été prioritairement choisie dans cette étude car elle très complète et très détaillée notamment sur le fonctionnement de chaque forme d'humus ; le nom de chaque forme d'humus a été le plus souvent complété par la référence provenant de la clé de JABIOL* et al. *(2013). Cette dernière figure entre parenthèses après la nomenclature de ZANELLA* et al. *(2011).*

3.3.2 Matériel et méthodes

Sites étudiés

Trois sites présents dans le Haut-Jura et localisés à environ 1000 m d'altitude sont étudiés : deux sont situés en Suisse et le troisième se trouve en France (Figure 3.3.1). Pour la partie suisse, les zones humides d'intérêt se trouvent dans la Vallée de Joux dans le canton de Vaud, et plus précisément à La Burtignière (Ouest de la Vallée de Joux) et au Sentier (embouchure de l'Orbe dans le lac de Joux). En France, ce sont les marais et tourbières de Chapelle-des-Bois qui sont étudiés (départements du Doubs et Jura en Franche-Comté).

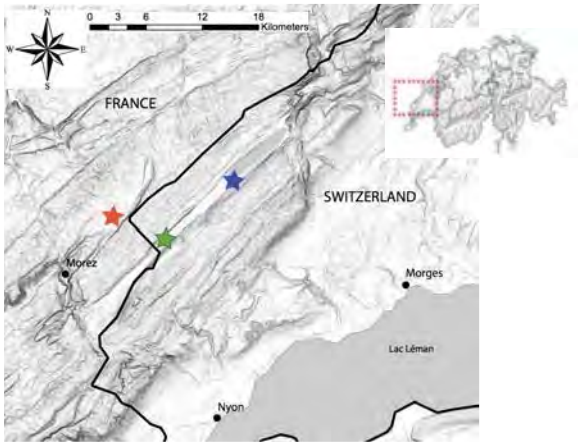


Figure 3.3.1 : Localisation des sites d'étude. En rouge, le site de Chapelle-des-Bois en France ; en bleu, le site du Sentier et en vert, le site de La Burtignière à la Vallée de Joux en Suisse. Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).

Le climat du Haut-Jura est caractérisé par de fortes pluies (1500 à 1800 mm de pluies par an) ainsi que par des températures assez basses (moyenne annuelle de 5 à 6°C) tout au long de l'année (GALLANDAT, 1982 ; BAILLY *et al.*, 2007). Historiquement, la Vallée de Joux et le site de Chapelle-des-Bois, ainsi qu'une majorité du Jura suisse et français, ont été recouverts par la calotte glaciaire jurassienne durant la glaciation würmienne (70'000 – 20'000 ans av. J.-C.). Cette calotte, en se retirant lentement, a laissé derrière elle des buttes morainiques ainsi qu'un matériel peu perméable, qui, avec les conditions climatiques rigoureuses et pluvieuses, ont permis la formation de tourbières et de lacs glaciaires. Géologiquement, les sites de La Burtignière et du Sentier sont situés dans un synclinal dont la séquence stratigraphique montre une succession de matériel calcaire du Jurassique et du Crétacé ainsi que de la molasse du Tertiaire et des dépôts glaciaires très bien préservés du Quaternaire (BICHET & CAMPY, 2009). C'est un bassin fermé au fond duquel coule l'Orbe, une rivière partant du lac des Rousses en France et – sous son nouveau nom de Thielle – se jetant dans l'Aar en Suisse en ayant passé par les lacs de Joux, de Neuchâtel et de Bienne. Le site de Chapelle-des-Bois, à cheval sur deux départements (Jura et Doubs), se situe dans un anticlinal érodé (l'anticlinal du Risoux), et repose sur des marno-calcaires du Jurassique. Il comporte deux petits lacs glaciaires, le lac des Mortes ainsi que le lac de Bellefontaine, posés dans une cuvette comblée par des dépôts glaciaires du Quaternaire (argiles notamment). Ce site est également considéré comme un bassin fermé de par la présence d'une moraine transversale au sud de ces lacs. De plus, ces deux petits lacs sont reliés par un ruisseau, le ruisseau des Mortes (BAILLY *et al.*, 2007).
Ces trois sites d'étude comportent ainsi une grande diversité de paysages et de milieux végétaux selon la topographie ou le matériel géologique.

Acquisition des données

L'échantillonnage des profils de formes d'humus s'est fait à partir des relevés phytosociologiques de GALLANDAT (1982) (cf. section 2.2). Ceux-ci ont été relocalisés avec l'aide d'ArcGIS (ESRI, 2011) sur des photos aériennes actuelles et anciennes ainsi que sur les cartes phytosociologiques géoréférencées de GALLANDAT (1982) (Annexe A.1), grâce aux informations écrites et graphiques laissées par GALLANDAT (1982) dans ses cahiers de terrain ainsi que sur ses cartes phytosociologiques. Une fois les relevés géoréférencés sur ArcGIS, une première liste de 300 relevés, tous sites confondus, a été extraite, comportant notamment les coordonnées géographiques des relevés ainsi que l'alliance phytosociologique selon GALLANDAT (1982). De cette liste initiale, seuls les relevés propres à cinq alliances (*Caricion davallianae*, *Caricion fuscae*, *Molinion*, *Calthion* et *Filipendulion*), ayant une surface égale ou supérieure à 10 m^2 et possédant une information complète (dates, recouvrement, croquis pour faciliter la relocalisation), ont été conservés. Puis, un choix aléatoire dans R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, v. 3.0.2, 2013) d'environ 25 à 30 relevés a été fait pour chacune des cinq alliances phytosociologiques, avec la contrainte d'avoir au moins un relevé par association ou variante. Ainsi, une liste finale des relevés à revisiter en été 2012-2013 a été établie, et comportait pour chacun d'eux, les coordonnées géographiques, la surface, le recouvrement, et d'autres

Tableau 3.3.1 : Liste des descripteurs prélevés sur le terrain, avec une explication pour chacun d'eux.

DESCRIPTEURS	EXPLICATION
Epaisseur des horizons (cm)	L'épaisseur de chaque horizon présent dans le profil a été calculée en fonction des profondeurs d'apparition des couches. Le symbole « & » signifie que l'horizon situé après le « & » est en poche ou en mosaïque dans l'horizon principal. Ainsi, l'épaisseur de l'horizon situé après le « & » a été fixée à 2 cm, en concordance avec tous les sondages effectués. Le symbole « - », signifie une transition entre deux horizons. Dans ce cas, l'épaisseur de chacun des deux horizons a été fixée à la moitié de l'épaisseur totale de ces deux horizons. Une épaisseur de 0 signifie l'absence de l'horizon en question.
Niveau d'humidité	Le niveau d'humidité au jour de la description a été estimé dans chaque horizon, selon une échelle spécialement créée : 0 = sec ; 1 = mouillé sans eau qui sort de la masse de sol ; 2 = eau sort lors d'une grande pression ; 3 = eau sort lors d'une petite pression ; 4 = dégouline d'eau.
Présence de carbonates (absence, décarbonaté ou carbonaté)	Dans chaque horizon, la présence et l'absence de carbonates a été attestée par l'effervescence à l'HCl 6M dans tous les horizons du profil. L'échelle d'effervescence à l'HCl est : 0 = pas de réaction ; 1 = faible réaction non visible mais audible, 2 = réaction faible visible ; 3 = réaction moyenne visible ; 4 = réaction forte visible (Annexe B.9.1). Trois cas sont possibles : a) Un horizon est carbonaté et suffixé « ca » en présence d'une effervescence à l'HCl de 2/4 à 4/4. b) Un horizon est décarbonaté mais calcique est suffixé « ci » si : - l'effervescence est de 1/4 (décarbonatation en cours) ; - l'effervescence est de 0/4 ET qu'un horizon carbonaté est présent directement (ou non) en dessous sans rupture minéralogique et/ou lithologique nette et apparente (dépôts de minéral par alluvionnement, colluvionnement ou autre). c) La présence d'un horizon ni carbonaté, ni calcique (donc sans suffixe) est attestée : - lorsque l'effervescence est de 0/4 ET qu'il n'y a pas d'horizon carbonaté en profondeur ; - lorsque l'effervescence est de 0/4 ET qu'il y a un horizon carbonaté présent directement (ou non) en dessous de l'horizon concerné ET qu'il y a présence de rupture minéralogique et/ou lithologique nette et apparente (apport de minéral).
Texture	La texture de chaque horizon a été estimée à la main, afin de détecter la présence d'argiles, de sables et de limons (exemple en Annexe B.9.1).
Indice de dégradation de von Post	Uniquement pour les horizons histiques (H). L'échelle de von Post va de 1 à 10 (1 : pas de décomposition ; 10 = décomposition totale) ; elle permet d'estimer la dégradation de la matière organique des horizons histiques selon des critères figurant dans l'Annexe B.9.7.
Structure	La structure de chaque horizon (quand cela est possible) a été estimée à la main. Pour les horizons organo-minéraux : micro-, méso-, macroagrégé ou massif, collant. Pour les horizons structuraux S : polyédrique ou subpolyédrique. Pour les horizons minéraux : particulaire ou massif (Annexe B.9.1).
Coordonnées	Coordonnées GPS (Garmin) de chaque sondage pédologique. La coordonnée a été prise à l'endroit de chaque sondage avec une précision de 3 m.
Pente	La pente de chaque emplacement pédologique a été mesurée grâce à la boussole.
Exposition	L'exposition de chaque emplacement a été mesurée grâce à la boussole en se mettant dos à la pente (Annexe A.5).
pH Hellige	Le pH de chaque horizon a été mesuré grâce au kit pH Hellige. Un peu de terre fine est mélangée à quelques gouttes de la solution liquide du kit. La couleur est ensuite comparée à l'échelle, ce qui fournit une estimation du pH.
Présence (1) ou absence (0) de faune, de mousses ou de mycélium	Dans chaque horizon, la présence ou l'absence de faune, de mousses ou de mycélium a été attestée.

Tableau 3.3.2 : Qualificatifs (préfixe et suffixe) utilisés dans cette étude pour les formes d'humus selon JABIOL et al. (2013). Les qualificatifs ont été gardés comme à l'origine en anglais, pour éviter des erreurs de traduction.

QUALIFICATIFS		DEFINITIONS
Préfixe	**Suffixe**	
	Folic	Formes d'humus avec un horizon OH ou histique (H ou Aa) d'épaisseur > 10 cm
	Ombric	Formes d'humus avec un horizon histique (H ou Aa) saturés par l'eau de pluie
	Gleyic	Formes d'humus reposant directement sur un horizon G (Go ou Gr)
	Calcaric	Formes d'humus dont l'horizon A contient du matériel calcaire
	Garbic	Formes d'humus contenant ≥ 35% de déchets organiques
Stagnic		Formes d'humus terrestres présentant des traces d'hydromorphie et étant dans l'eau pendant quelques jours mais < six mois par an. Formes d'humus terrestres avec des traces d'oxydo-réduction (marbrures de fer réduit et de fer oxydé), OLg, OFg, OHg et/ou Ag
Epihistic		Formes d'humus semi-terrestres (HISTOFORMES) dont une partie du profil est hors de l'eau pendant plus de six mois par an. L'autre partie est donc saturée en eau pendant plus de six mois pas an. Formes d'humus avec des horizons (OL, OF, OH et/ou A) et (H ou Aa)
Fluvic		Formes d'humus dont l'horizon A ou les premiers horizons minéraux proviennent de matériel fluvique

indications ou remarques de GALLANDAT (1982). Sur le terrain, quelques relevés ont été abandonnés généralement du fait d'un accès peu aisé. Ainsi, au total, 117 relevés anciens GALLANDAT (1982) ont été relocalisés et ré-échantillonnés en été 2012 et 2013 (69 à La Burtignière, 23 sur le site du Sentier et 25 à Chapelle-des-Bois). Le point exact de l'emplacement de chaque relevé a été établi grâce à un GPS Garmin (précision à 3 m). Un carré de 25 m^2 (5 x 5 m) a été tracé sur le sol à chaque emplacement, avec les coordonnées ciblées positionnées en bas à gauche du carré en fonction de l'orientation (Annexe A.5). Au centre de la surface de chacun de ces carrés, un sondage pédologique a été effectué (cf. section 2.4) : tout d'abord, un trou de 20 cm de côté et d'environ 30 cm de profondeur a été creusé à l'aide d'une pelle américaine, puis à l'intérieur de ce trou, la tarière canal et/ou la tarière classique ont été utilisées pour continuer le sondage. Une fois la carotte ainsi que le carré de sol/forme d'humus sortis et déposés sur le sol, les horizons pédologiques allant des horizons holo-organiques et organiques (O, H) aux horizons organo-minéraux (A) ont été délimités et décrits selon le *Référentiel Pédologique* (BAIZE & GIRARD, 2009). Une liste de paramètres différents a également été enregistrée directement sur le terrain (Tableau 3.3.1). Quelques-uns de ces paramètres ont été ensuite utilisés dans les statistiques (Tableau 3.3.4). La fiche employée pour la description des formes d'humus (et des sols) figure dans l'Annexe B.15.

Analyses de laboratoire

Lorsqu'il n'a pas été possible de donner un nom aux horizons pédologiques organiques et organo-minéraux sur le terrain, ou lorsqu'un doute subsistait sur un des paramètres de l'horizon (comme la texture ou le degré de décomposition des fibres d'un horizon tourbeux), un échantillon de ce dernier a été prélevé en vue d'analyses en laboratoire. Les échantillons prélevés ont été stockés quelques jours au réfrigérateur, puis congelés durant quelques mois afin d'éviter leur altération avant le travail de laboratoire.

Ces analyses en laboratoire ont été ciblées selon les doutes inhérents au terrain sur l'horizon concerné. Ainsi, toutes les analyses n'ont pas été effectuées pour chaque horizon prélevé. Les résultats des analyses, à l'exception de la teneur en eau et de l'humidité résiduelle, figurent dans les différentes Annexes A.5 concernant les sondages (dans la dernière colonne du tableau de la rubrique sol et formes d'humus, sous la forme d'abréviations). Ces analyses étaient :

- **la teneur en eau** : sa mesure a été faite sur tous les échantillons car elle sert à corriger les masses de sol utilisées lors des analyses (correspond à la différence de masse entre un sol frais et un sol séché à 105°C) ;
- **l'humidité résiduelle** : sa mesure a également été faite pour tous les échantillons, car elle sert également à corriger les masses de sol utilisées pour les analyses (correspond à la différence de masse entre un sol séché à 40°C et un sol séché à 105°C) ;
- la **perte au feu (PAF)** : sa mesure a été faite uniquement lors de doutes entre un horizon Hs et Hsl (> 50% de matière minérale), ou entre un H (> 50% de matière organique) et un A (< 30% de matière organique). Elle permet d'avoir une estimation de la quantité de matière organique dans un échantillon. En effet, cet échantillon, déposé dans un creuset en porcelaine, est brûlé par paliers à différentes températures pendant une journée. La fraction restante à la fin de la calcination est la matière minérale, et celle qui est partie est la matière organique. Tous les horizons, même ceux qui sont non tourbeux, ont été calcinés de la même façon, c'est-à-dire d'abord à 450°C, puis à 600°C (température conseillée pour calciner les tourbes) ;
- la **granulométrie organique (% de fibres)** : elle a été faite uniquement sur des horizons H lorsque le taux de fibres était douteux sur le terrain (hésitation entre Hf, Hm et Hs). L'échantillon passe grâce à un flux d'eau continu à travers trois tamis (2000 µm, 200 µm et 50 µm) empilés les uns sur les autres. Les fractions retenues dans les tamis de 2000 µm et de 200 µm, les fibres, permettent l'attribution du qualificatif « fibrique » (Hf, contient plus de 40 % de fibres), « mésique » (Hm, contient entre 40% et 10% de fibres) ou « saprique » (Hs, contient moins de 10% de fibres à l'horizon) (BAIZE & GIRARD, 2009) ;
- la **granulométrie minérale (texture)** : elle a été faite sur des horizons dont la texture (% d'argiles (< 2 µm), de limons (2 – 50 µm) et de sables (50 – 2000 µm)) estimée sur le terrain était douteuse ;
- le **carbone organique (Corg)** : son dosage a été fait uniquement pour confirmer ou non les résultats parfois « bizarres » de la perte au feu. Cette analyse, effectuée ici par la méthode Anne, permet de distinguer les horizons organo-minéraux (An : 20-30% de carbone ; Ah < 8% de carbone ; BAIZE & GIRARD, 2009) ;
- **la capacité d'échange cationique (CEC)** : elle a été mesurée pour estimer, de manière globale, combien de cations basiques disponibles pour les plantes sont présents dans les horizons. On obtient la somme globale des cations basiques (S), l'acidité d'échange (AE), la capacité totale d'échange (T) et le taux de saturation (V=S/T). La méthode utilisée est celle de l'échange à l'acétate d'ammonium.

Selon les analyses, l'échantillon utilisé était soit (1) frais (perte au feu, teneur en eau, granulométrie organique), (2) séché (humidité résiduelle), (3) séché et tamisé à 2 mm (granulométrie minérale, CEC), ou (4) séché, tamisé et broyé (Corg). Tous les détails et les démarches sur ces analyses sont issus des protocoles du Laboratoire Sol & Végétation et figurent en Annexe B.9.

Tableau 3.3.3 : Liste des formes d'humus avec leurs séquences d'horizons diagnostiques, selon la clé de ZANELLA et al. (2011), et celle de JABIOL et al. (2013) en souligné.

FORME D'HUMUS (ZANELLA *et al.*, 2011)		(JABIOL *et al.*, 2013)	SÉQUENCES D'HORIZONS DIAGNOSTIQUES
HISTOFORMES (HISTOFORMS) : formes semi-terretres saturées en eau durant > six mois par an			**H or Aa**
HISTO-ANMOOR	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR	Aa et seul
	SAPRIHISTOANMOOR	SAPRIANMOOR	Hszo / Aa dominant ; avec Hszo < Aa
	LIMIHISTOANMOOR	LIMIANMOOR	Hsl / Aa dominant ; avec Hsl < Aa
HISTOMULL	LIMIHISTOMULL	LIMIMULL	Hsl dominant / Aa jamais dominant ; absence Hf ou Hm
	SAPRIHISTOMULL	SAPRIMULL	Hszo dominant / év. Hsnoz ; absence Hf ou Hm
HISTOAMPHI	HUMIHISTOAMPHI	HUMIAMPHI	Hm / Hszo dominant ; Hf absent, Hsl possible
	MÉSIHISTOAMPHI	MESIAMPHI	Hf / Hm / Hszo dominant ; avec Hszo > Hf > Hm ; Hsl possible
	FIBRIHISTOAMPHI	FIBRIAMPHI	Hf / Hszo dominant ; Hm absent ; Hsl possible
HISTO-MODER	SAPRIHISTOMODER	SAPRIMODER	Hm / Hsnoz dominant ; Hf absent
	HUMIHISTOMODER	HUMIMODER	Hm dominant / Hsnoz ; Hf absent
	MÉSIHISTOMODER	MESIMODER	Hf d'épaisseur < 1/3 épaisseur de Hm / Hm dominant / Hsnoz d'épaisseur < 2/3 épaisseur de Hm
	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER	Hf d'épaisseur < 2/3 épaisseur de Hm / Hm dominant / Hsnoz d'épaisseur < 1/3 épaisseur de Hm
HISTOMOR	MÉSIHISTOMOR	MESIMOR	Hf dominant / Hm ; Hs absent
	FIBRIHISTOMOR	FIBRIMOR	Hf dominant et seul
TERROFORMES (TERROFORMS) : formes terrestres jamais saturées en eau			**OF + OH > 5 cm et/ou A > 3 cm**
TERROMULL	EUTERROMULL	EUMULL	[OLn] / maA (ou meA ; pHeau A > 5)
	MESOTERROMULL	MESOMULL	OLn / [OLv] / maA (ou meA ; pHeau A > 5)
	OLIGOTERROMULL	OLIGOMULL	OLn / OLv / [OFzo] / maA (ou meA ; pHeau A > 5)
	DYSTERROMULL	DYSMULL	OLn / OLv / OFzo /maA ou meA (ou meA ; pHeau A > 5)
TERRO-MODER	HÉMITERROMODER	HEMIMODER	OL / OFzo / [OH] / miA ; pHeau A < 5
	EUTERROMODER	EUMODER	OL / OFzo / OH ≤ 1 cm / miA ou Anoz (sgA ou msA) ; pHeau A < 5
	DYSTERROMODER	DYSMODER	OL / OFzo / OH > 1 cm / miA ou Anoz (sgA ou msA) ; pHeau A < 5
TERRO-AMPHI	LEPTOTERROAMPHI	LEPTOAMPHI	OL / OFzo / [OH] ≤ 1 cm / maA ; transition avec maA nette, < 5 mm ; pHeau ≥ 5 ; A > 1/2 OH
	EUAMACROTERRAMPHI	EUMACROAMPHI	OL / OFzo / OH > 1 cm et ≤ 3 cm / maA ; transition avec maA nette, < 5 mm ; pHeau ≥ 5 ; A > 1/2 OH
	EUMESOTERROAMPHI	EUMESOAMPHI	OL / OFzo / [OH] ou OH > 1 cm et ≤ 3 cm / miA et meA, ou seulement meA ; transition avec maA floue, ≥ 5 mm ; pHeau ≥ 5 ; A > 1/2 OH
	PACHYTERROMAMPHI	PACHYMPHI	OL / OFzo / OH > 3 cm / miA et meA, ou seulement meA ; transition avec maA floue, ≥ 5 mm ; pHeau ≥ 5 ; A > 1/2 OH
TERROMOR	HÉMITERROMOR	HEMIMOR	*1)* OL / [OFnoz] / OFzo / OH / [miA] ou Anoz (sgA ou msA) *ou* *2)* OL / [OFnoz] / OFzo / OH / AE ou E ou roche Transition très nette O / A / AE / E ; pHeau < 4,5 ; OFnoz discontinu ; OH continu
	HUMITERROMOR	HUMIMOR	*1)* OL / OFnoz / OFzo / OH / [miA] ou Anoz (sgA ou msA) *ou* *2)* OL / OFnoz / OFzo / OH / AE ou E ou roche Transition très nette O / A / AE / E ; pHeau < 4,5 ; OFnoz et OH continus
	EUTERROMOR	EUMOR	*1)* OL / OFnoz / Anoz (sgA ou msA) *ou* *2)* OL / [OFnoz] / AE ou E ou roche Transition très nette O / A / AE / E ; pHeau < 4,5 ; OFnoz continu ; absence OH et miA
TERRO-TANGEL	EUTERROTANGEL	EUTANGEL	OL / OFzo / OHta / meA ou Anoz (msA) ; transition avec meA ou Anoz floue, ≥ 5 mm ; pHeau A ≥ 5 ; A < 1/2 OH
	DYSTERROTANGEL	DYSTANGEL	OL / OFzo / OHta / Anoz (msA) ; transition avec Anoz nette, < 5 mm ; pHeau A ≥ 5 ; A < 1/2 OH
HYDROFORMES (*Stagnic* TERROFORMS) : formes semi-terretres saturées en eau durant < six mois par an N'existe plus chez JABIOL *et al.* (2013), et a été remplacé par une forme terrestre avec le préfixe « *Stagnic* »			**Ag, Anozg ou AEg**
HYDROTANGEL		*Stagnic* TANGEL	OL(g) / OFzo(g) / OHzota(g) > (2xA) / Ag
HYDROAMPHI		*Stagnic* AMPHI	OL(g) / OFzo(g) / OHzo (g) < (2xA) / Ag
HYDROMULL		*Stagnic* MULL	év. OL(g) / [OFzo(g)] / Ag
HYDRMOMODER		*Stagnic* MODER	OL(g) / OFzo(g) / OHzo(g) / Anozg
HYDROMOR		*Stagnic* MOR	OL(g) / OFnoz(g) / év. Anozg / AEg
EPIHISTOFORMES (*Epihistic* HISTOFORMS) : formes semi-terretres avec horizons saturés en eau durant > six mois par an (H) et durant < six mois par an (Ag). N'existe plus chez JABIOL *et al.* (2013), et a été remplacé par une forme semi-terrestre (HISTOFORME ou ANMOOR) avec le préfixe « *Epihistic* »			**Ag, Anozg ou Aeg et H ou Aa**
EPIHISTOANMOOR		*Epihistic* ANMOOR	Hsl / Aa dominant / Ag
EPIHISTOMULL		*Epihistic* HISTOMULL	Hsl / év. Aa / Ag dominant
EPIHISTOAMPHI		*Epihistic* HISTOAMPHI	Hf / Hm / Hs / Ag
EPIHISTOMODER		*Epihistic* HISTOMODER	Hs / Anozg
EPIHISTOMOR		*Epihistic* HISTOMOR	Hf / év. Hm / év. Hs / év. Anozg / év. AEg
Surface du sol jamais submergé et/ou saturé en eau, ou saturé en eau plus de quelques mois par année			
ENTIFORMES et PARAFORMES		PARAHUMUS	absence O, H, A ou épaisseur < 2 cm ; racines parfois très abondantes (plus de 60% du volume) ; la roche dure repose juste en dessous à très faible profondeur

Tableau 3.3.4 : Liste des descripteurs pédologiques utilisés lors des statistiques pour les formes d'humus. Ces descripteurs sont issus du terrain. Pour les explications des descripteurs, voir le Tableau 3.3.1.

DESCRIPTEURS PÉDOLOGIQUES	FORMES D'HUMUS
Epaisseur des horizons (cm)	**Epaisseur des horizons OL, OF, OH, Hf, Hm, Hs, An, Ag, Ah et A.**
Niveau d'humidité (absence d'eau, peu d'eau, beaucoup d'eau)	Le niveau d'humidité ici du terrain a été simplifié en trois catégories (absence d'eau, peu d'eau et beaucoup d'eau). L'humidité moyenne des horizons O, A et H a été calculée grâce à l'échelle du terrain (0 = sec ; 1 = mouillé sans eau qui sort ; 2 = eau sort lors d'une grande pression ; 3 = eau sort lors d'une petite pression ; 4 = dégouline d'eau) : - absence d'eau (catégorie 0) ; - peu d'eau (catégories 1 et 2) ; - beaucoup d'eau (catégories 3 et 4). **Niveau d'humidité pour le début du profil (moyenne des horizons O, A et H).**
Présence de carbonates (absence, décarbonaté ou carbonaté)	L'échelle du terrain (0 = pas de réaction ; 1 = faible réaction non audible, 2 = réaction moyenne visible ; 3 = réaction moyenne visible et audible ; 4 = forte réaction) a été simplifiée en trois catégories (absence de carbonates, décarbonaté, carbonaté) : - absences de carbonates (catégorie 0) ; - décarbonaté « ci » (catégories 0 et 1) ; - carbonaté « ca » (catégories 2, 3 et 4). **Uniquement dans le premier horizon A ou H** (absence de carbonates, décarbonaté, carbonaté)
pH Hellige du premier horizon d'enracinement	**Uniquement le pH du premier horizon d'enracinement (premier horizon A ou H).**
Présence (1) ou absence (0) de la faune	Présence de faune est attestée s'il y a des traces de faune dans un des horizons du profil.
Présence (1) ou absence (0) de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique (apport de minéral)	La présence de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique est attestée s'il y a eu, à un endroit quelconque du profil, un apport avéré de minéral. Cela peut par exemple être caractérisé par un horizon g ou A en dessus d'un horizon H.

Nomenclature des formes d'humus

Les différentes successions d'horizons présents depuis la surface jusqu'aux horizons organo-minéraux ont été comparées aux deux classifications de ZANELLA *et al.* (2011) et de JABIOL *et al.* (2013). Ainsi, deux noms ont été attribués à chaque forme d'humus en fonction de la présence et l'épaisseur des horizons holorganiques (OL, OF et OH), des horizons organiques histiques (H), et des horizons organo-minéraux (A) (cf. Annexes A.5, B.13 et B.14). Dans le cas des sondages complètement organiques (histiques), tous les horizons histiques ont été pris en compte. Un résumé des catégories de formes d'humus selon les deux clés figure dans le Tableau 3.3.3.

Dans les paragraphes suivants de cette étude, la nomenclature selon ZANELLA *et al.* (2011) est donnée dans le texte, sur les figures et dans les tableaux. La nomenclature selon JABIOL *et al.* (2013) n'est pas présente tout le temps. Par contre, quand elle est donnée, elle figure entre parenthèses après la nomenclature de ZANELLA *et al.* (2011) (cf. remarques générales avant le chapitre 1). Des qualificatifs provenant de la clé de JABIOL *et al.* (2013) ont été également ajoutés à chaque forme d'humus (Tableau 3.3.2) et figurent uniquement dans les Annexes (Annexes A.5, B.13 et B.14).

En ce qui concerne plus particulièrement la notation des RÉFÉRENCES des formes d'humus, ces dernières sont toutes écrites en PETITES CAPITALES (cf. remarques générales avant le chapitre 1). De plus, la numérotation des différents profils de formes d'humus figurant dans cette étude est la même que celle utilisée pour les sols (section 3.2), qui est celle donnée par GALLANDAT (1982) pour ses relevés de végétation (cf. remarques générales avant le chapitre 1).

Analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, v. 3.0.2, 2013).

Quelques variables explicatives quantitatives, qualitatives et binaires provenant des données issues directement du terrain (cf. paragraphe 3.3.2, « Acquisition des données » ; Tableau 3.3.1) ont été utilisées pour grouper les sondages pédologiques (Tableau 3.3.4) Il s'agit des variables suivantes : l'épaisseur (cm) des horizons OL, OF, OH, Hf, Hm, Hs, An, Ag, Ah et A (une épaisseur de 0 signifiant l'absence de l'horizon en question), la présence (1) ou absence (0) de la faune, les traces (1) ou non (0) de rupture minéralogique et/ou lithologique, la teneur en eau dans les horizons O, H et A (nul/peu d'eau/beaucoup d'eau), le pH de l'horizon d'enracinement principal, soit le premier horizon A ou H, les carbonates dans le premier horizon A ou H (absence, carbonaté, décarbonaté) (Tableau 3.3.4). Plus précisément, les sondages ont été groupés en fonction de ces variables diverses (**binaires** : faune, rupture minéralogique et/ou lithologique ; **quantitatives** : épaisseur des horizons, pH ; et **qualitatives** : carbonates et teneur en eau) grâce à un groupement hiérarchique agglomératif en utilisant la méthode de Ward (variance minimisée au sein des groupes), ainsi que la distance de Gower comme matrice

de distance (qui est typiquement adaptée à des variables explicatrices différentes) (librairies **vegan** et **stats** ; BORCARD *et al.*, 2011). Le nombre optimal de groupes (niveau de coupure du dendrogramme) a été décidé grâce à plusieurs indices ou graphes, comme (1) l'indice de Rousseeuw, (2) le graphe des « fusion levels », (3) le graphe des statistiques de Mantel, (4) le graphe des corrélations de spearman, et (5) le graphique des silhouettes (fonction *silhouette* de la **librairie cluster**) (BORCARD *et al.*, 2011). Le graphique des silhouettes a permis de valider la qualité du groupement : une moyenne élevée pour un groupe donné signifie que ce dernier est homogène ; de plus, une moyenne élevée totale de ces silhouettes atteste de la bonne qualité du groupement et donc que le nombre de groupe et la méthode de groupement choisis sont optimaux pour les données (Annexe B.12). Le groupement final a été obtenu avec la fonction *hcoplot.R* (BORCARD *et al.*, 2011) permettant d'avoir un dendrogramme réordonné, et donc d'avoir les objets les plus semblables dans un voisinage proche. Des couleurs ont été ajoutées sur ce dendrogramme afin de faciliter la visualisation des groupes. Chacun des groupes a ensuite été décrit en fonction de toutes les variables précédentes (avec en plus l'ajout de la variable « mousses » qui n'a pas été utilisée pour le groupement, ceci car il manquait malheureusement l'information pour un seul sondage, le 1377), et en fonction des sites, ceci afin de voir les caractéristiques de chacun des groupes ainsi que leur distribution dans chacun des trois sites d'étude. Des histogrammes des formes d'humus présentes dans chaque groupe pour chaque site d'étude ont été tracés, ceci afin de voir la répartition des groupes dans les trois sites. Puis, les proportions de chaque forme d'humus présente dans les trois sites séparés et pris ensemble ont été calculées afin d'analyser leur diversité. Ces étapes ont ensuite permis d'identifier les spécificités de chaque forme d'humus observées ainsi que pour chaque site séparé. Ainsi, au final, les types de formes d'humus ont été détaillées une à une en fonction des variables utilisées, puis ont été analysées et discutées toujours une à une, afin d'identifier le fonctionnement de chacun profil sondé.

3.3.3 Résultats

Types de formes d'humus (groupement)

Le groupement Gower-Ward optimal répartit les 117 sondages de formes d'humus en 9 groupes (Figure 3.3.2). Les groupes 6 et 9 se différencient nettement des autres. Puis, une deuxième subdivision sépare les groupes 1, 2 et 5 des groupes 3, 4, 7 et 8.

La Figure 3.3.3 permet de voir la distribution des groupes en fonction des sites d'étude. Tous les groupes, bien que principalement abondants à La Burtignière, comportent également quelques formes d'humus effectuées au Sentier et/ou à Chapelle-des-Bois.

La figure suivante permet d'identifier les formes d'humus présentes dans chaque groupe et dans chaque site (Figure 3.3.5a à i).

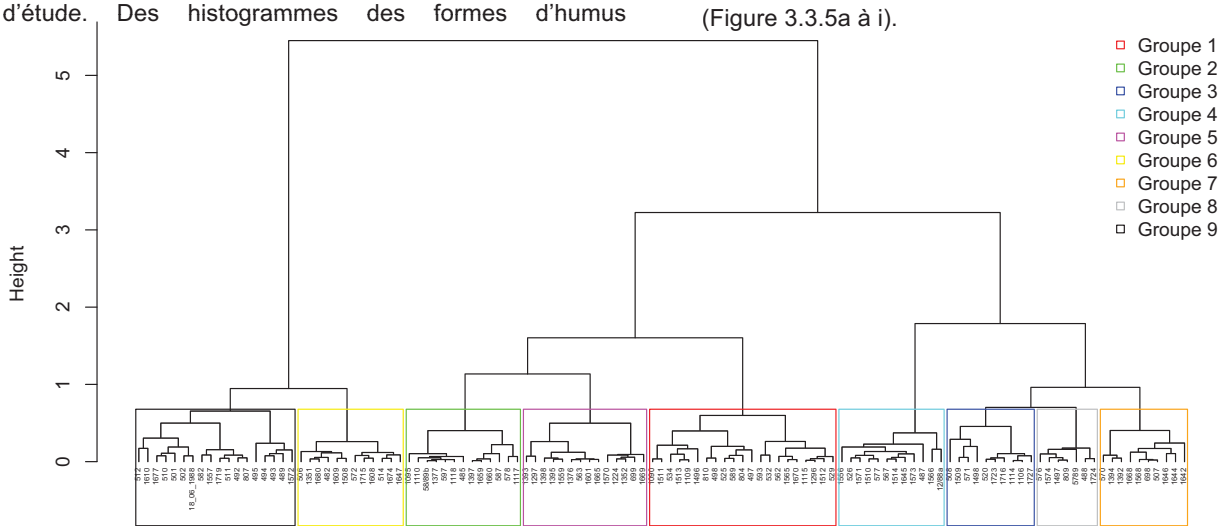


Figure 3.3.2 : Dendrogramme réordonné des sondages de formes d'humus, obtenu avec la distance de Gower et la méthode de Ward. Les 117 sondages pédologiques sont répartis en 9 groupes, du Groupe 1 au Groupe 9.

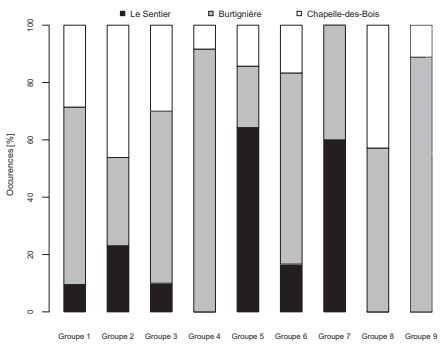


Figure 3.3.3 (à gauche) : Répartition des groupes entre les sites d'étude.

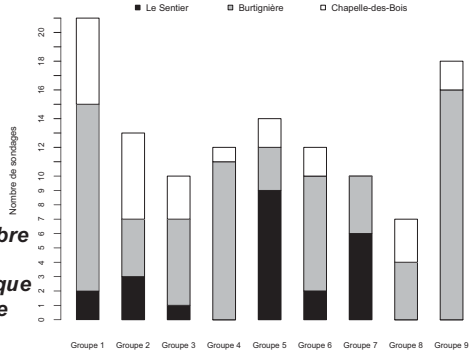
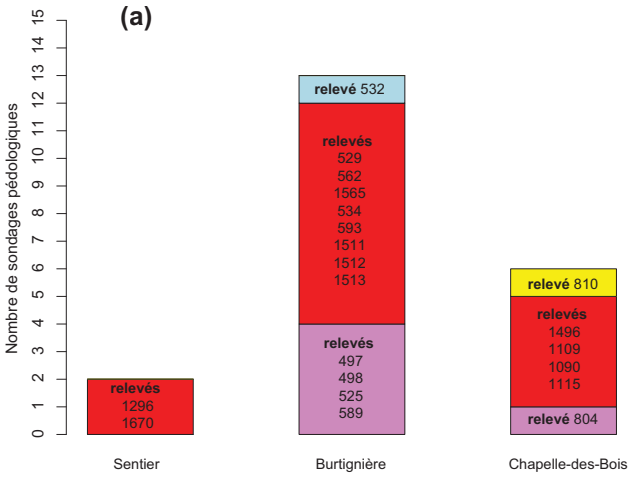


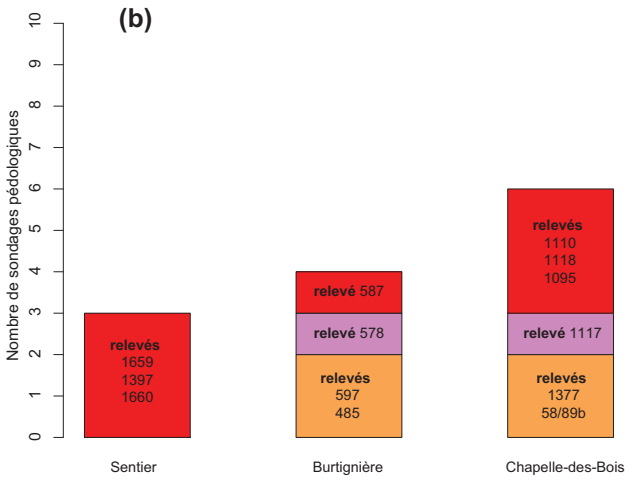
Figure 3.3.4 (à droite) : Nombre de sondages de formes d'humus présents dans chaque groupe et pour chaque site d'étude.

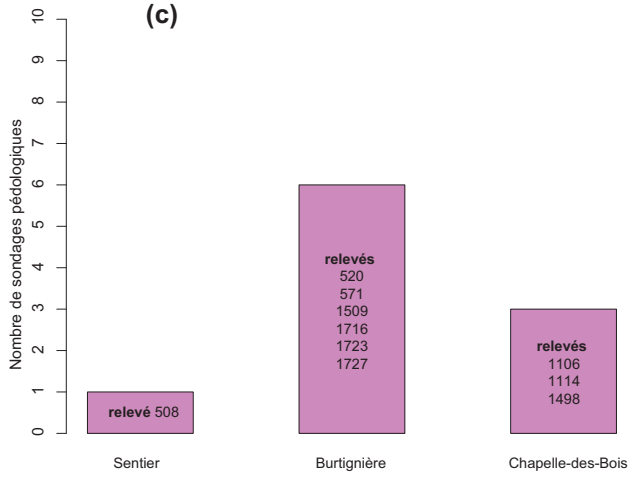
Tableau 3.3.5 : Liste des descripteurs pédologiques (avec leurs catégories) utilisés dans le groupement (« Epaisseur des horizons », « présence de la faune », « présence de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique », « taux d'humidité » et « effervescence à HCl 6M »). La variable « Mousses » n'a pas été utilisée dans le groupement et figure ici à titre indicatif. La répartition (%) de quelques descripteurs a été calculée pour chaque groupe afin de voir les spécificités de chacun d'eux. Concernant les épaisseurs des horizons, les moyennes ont été calculées uniquement sur les profils contenant l'horizon concerné (entre parenthèses, figure la moyenne calculée sur tous les profils présents dans chaque groupe). Concernant le pH, la moyenne a été calculée sur l'ensemble des profils. Les chiffres en gras représentent les valeurs les plus élevées pour chaque descripteur.

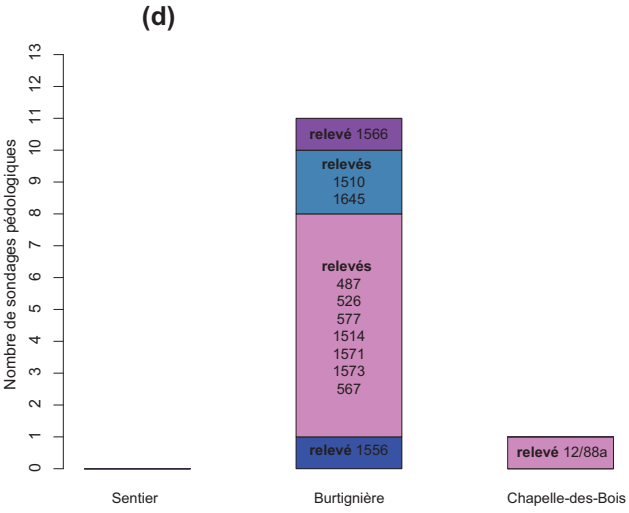
Seul un chiffre est donné après la virgule, puisque sur le terrain, les épaisseurs des horizons ont été mesurées au centimètre, et les mesures de pH ont été faites grâce au pH Hellige avec une précision de 0.5.

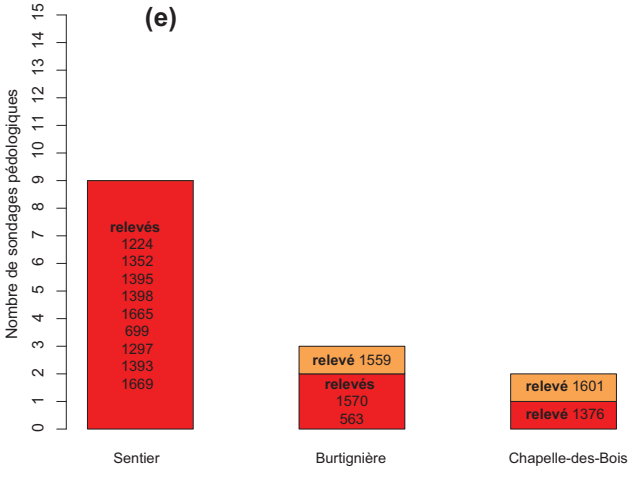
DESCRIPTEURS PÉDOLOGIQUES		GROUPE 1 *21 sondages (18%)*	GROUPE 2 *13 sondages (11%)*	GROUPE 3 *10 sondages (9%)*	GROUPE 4 *12 sondages (10%)*	GROUPE 5 *14 sondages (12%)*	GROUPE 6 *12 sondages (10%)*	GROUPE 7 *10 sondages (9%)*	GROUPE 8 *7 sondages (6%)*	GROUPE 9 *18 sondages (15%)*
Epaisseur horizon OL [cm]	moyenne	1.8 (1.8)	1.8 (1.8)	1.4 (1.3)	**2.2 (2.2)**	1.4 (1.3)	1.7 (1.7)	**2.2 (2.2)**	1.1 (1.1)	1.8 (1.8)
Epaisseur horizon OF [cm]	moyenne	1.3 (1.2)	0.9 (1.1)	1.3 (0.9)	1.4 (1.2)	1.2 (0.9)	1.0 (0.4)	2.0 (1.8)	0.9 (0.9)	**3.5 (2.3)**
Epaisseur horizon OH [cm]	moyenne	2.0 (0.1)	-	-	**7.0 (0.5)**	-	-	-	-	-
Epaisseur horizon Hf [cm]	moyenne	-	-	36.0 (3.6)	10.3 (2.6)	-	35.4 (32.4)	-	-	**44.1 (36.7)**
Epaisseur horizon Hm [cm]	moyenne	11.3 (1.6)	-	-	**37.7** (31.4)	-	31.6 **(33.2)**	-	-	33.0 (29.3)
Epaisseur horizon Hs [cm]	moyenne	7.0 (1.2)	-	2.0 (0.2)	13.9 (8.1)	-	**24.0** (13.5)	14.0 (1.4)	-	23.4 **(19.5)**
Epaisseur horizon An [cm]	moyenne	24.8 (5.9)	29.0 (4.5)	39.7 **(39.7)**	22.0 (20.2)	-	-	**43.7** (26.2)	-	-
Epaisseur horizon Ag [cm]	moyenne	16.1 (5.6)	14.0 (3.2)	11.0 (1.1)	**28.0** (2.3)	9.0 (0.6)	17.0 (1.4)	13.7 (4.1)	10.0 **(7.1)**	-
Epaisseur horizon Ah [cm]	moyenne	23.0 (11.2)	25.8 (7.9)	-	-	22.0 (6.3)	-	**28.8** (11.7)	26.0 **(26.0)**	-
Epaisseur horizon A [cm]	moyenne	19.2 (5.5)	**23.4** (12.3)	-	-	**20.8** (17.8)	-	15.0 (1.5)	-	-
pH horizon enracinement	moyenne	5.4	5.8	5.5	5.2	**6.4**	4.6	5.9	5.6	4.7
Faune	0 (absence)	-	-	10.0%	16.7%	-	**100.0%**	-	14.3%	**72.2%**
	1 (présence)	**100.0%**	**100.0%**	**90.0%**	**83.3%**	**100.0%**	-	**100.0%**	**85.7%**	27.8%
Traces de rupture minéralogique et/ou lithologique	0 (absence)	**85.7%**	**100.0%**	**90.0%**	-	**100.0%**	**100.0%**	**90.0%**	**100.0%**	**100.0%**
	1 (présence)	14.3%	-	10.0%	**100.0%**	-	-	10.0%	-	-
Humidité	aucune	**90.5%**	**100.0%**	-	-	**64.3%**	-	-	-	-
	un peu	9.5%	-	**60.0%**	**91.7%**	35.7%	-	**100.0%**	**100.0%**	**83.3%**
	beaucoup	-	-	40.0%	8.3%	-	**100.0%**			16.7%
Carbonates horizon A	absence	**100%**	-	**90.0%**	**100.0%**	-	**100.0%**	-	**100.0%**	**100.0%**
	carbonaté	-	-	-	-	**100.0%**	-	-	-	-
	décarbonaté	-	**100.0%**	10.0%	-	-	-	**100.0%**	-	-
Mousses	0 (absence)	**66.7%**	**61.5%**	30.0%	41.7%	**57.1%**	**8.3%**	30.0%	28.6%	22.2%
	1 (présence)	33.3%	38.5%	**70.0%**	**58.3%**	42.9%	91.7%	**70.0%**	**71.4%**	**77.8%**


(a)
Nombre de sondages pédologiques
relevés 1296 1670
relevé 532
relevés 529 562 1565 534 593 1511 1512 1513
relevés 497 498 525 589
relevé 810
relevés 1496 1109 1090 1115
relevé 804
Sentier
Burtignière
Chapelle-des-Bois


(b)
Nombre de sondages pédologiques
relevés 1659 1397 1660
relevé 587
relevé 578
relevés 597 485
relevés 1110 1118 1095
relevé 1117
relevés 1377 58/89b
Sentier
Burtignière
Chapelle-des-Bois


(c)
Nombre de sondages pédologiques
relevé 508
relevés 520 571 1509 1716 1723 1727
relevés 1106 1114 1498
Sentier
Burtignière
Chapelle-des-Bois


(d)
Nombre de sondages pédologiques
relevé 1566
relevés 1510 1645
relevés 487 526 577 1514 1571 1573 567
relevé 1556
relevé 12/88a
Sentier
Burtignière
Chapelle-des-Bois


(e)
Nombre de sondages pédologiques
relevés 1224 1352 1395 1398 1665 699 1297 1393 1669
relevé 1559
relevés 1570 563
relevé 1601
relevé 1376
Sentier
Burtignière
Chapelle-des-Bois

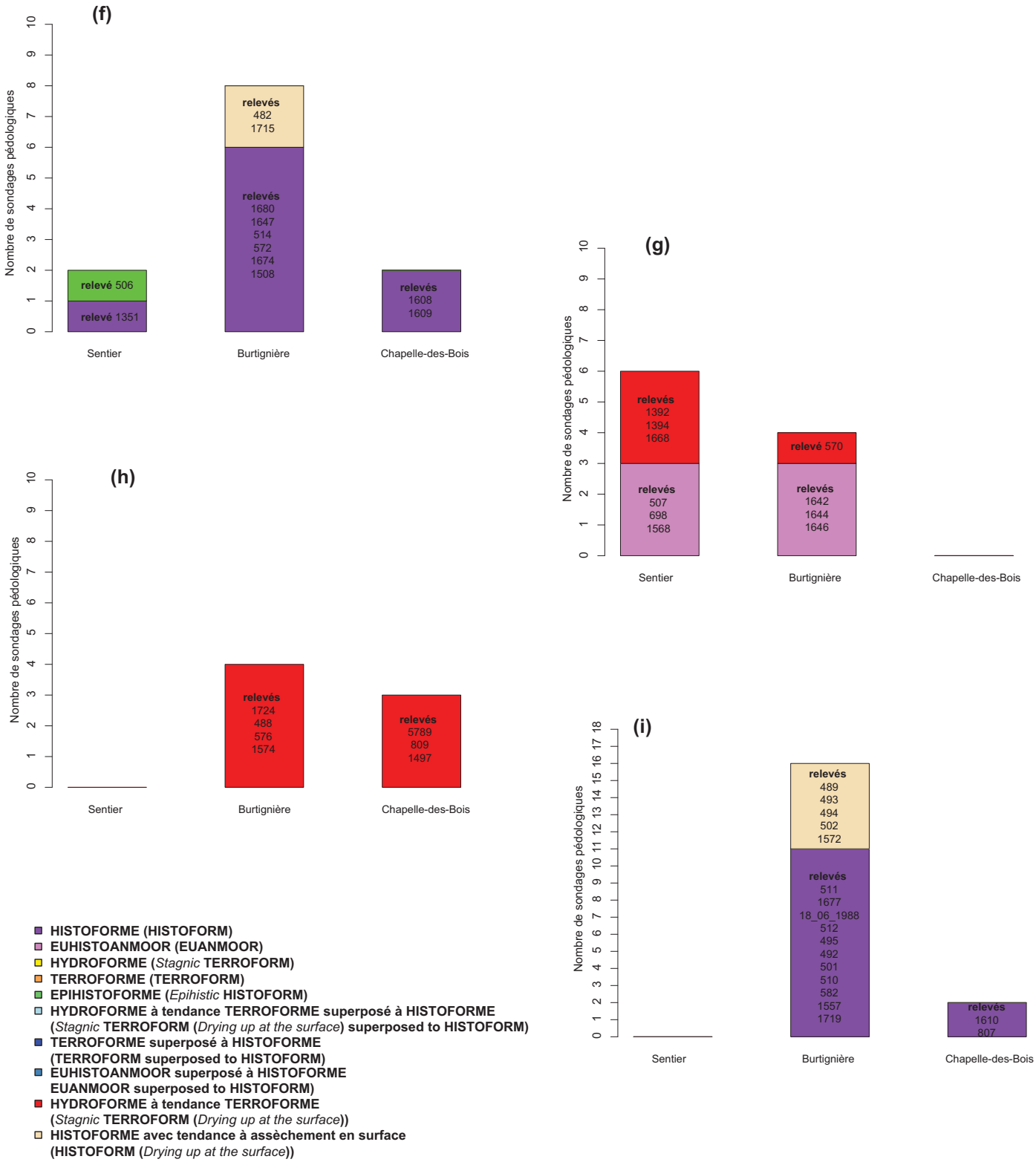


Figure 3.3.5 : Nombre des sondages de formes d'humus pour chaque groupe et pour chaque site. (a) groupe 1 ; (b) groupe 2 ; (c) groupe 3 ; (d) groupe 4 ; (e) groupe 5 ; (f) groupe 6 ; (g) groupe 7 ; (h) groupe 8 ; (i) groupe 9. Les couleurs représentent les différents types de formes d'humus. Dans la légende, la classification selon* JABIOL *et al. (2013) figure entre parenthèses.

N.B. : Les EUHISTOANMOORS sont des formes d'humus appartenant aux HISTOFORMES. Cependant, sur cette figure, ils sont présentés séparément des HISTOFORMES, afin de bien montrer leur grande importance et abondance dans l'ensemble des sites d'étude.

Description des groupes

Ci-dessous figurent les descriptions de chaque groupe, avec la localisation des sondages effectués (Burtignière : Figure 3.3.8 ; Sentier : Figure 3.3.9 ; Chapelle-des-Bois : Figure 3.3.10), les caractéristiques de chaque groupe ainsi que les différents types de formes d'humus présents dans chaque groupe. La présentation des groupes ci-dessous suit l'ordre donné par le dendrogramme (Figure 3.3.2, de gauche à droite). Le graphe des silhouettes du groupement figure à l'Annexe B.12.

A l'intérieur du texte suivant figurent des tableaux récapitulatifs pour chaque groupe, présentant les sondages pédologiques, avec leurs formes d'humus selon ZANELLA *et al.* (2011), et selon JABIOL *et al.* (2013) entre parenthèses, et leurs successions d'horizons respectives, ceci afin de faciliter la compréhension. En ce qui concerne les successions d'horizons présentes dans ces tableaux, celles-ci sont exhaustives pour chaque forme d'humus de chaque profil. Uniquement les horizons O, A et H sont pris en compte dans les formes d'humus et les encadrés de chaque groupe présents ci-dessous. Cependant, dans ces différents tableaux figurent également les horizons minéraux de type g ou G à titre indicatif. L'Annexe A.5 contient une fiche détaillée avec schémas et photos pour chaque sondage de formes d'humus (et de sols), présentant leurs successions exhaustives d'horizons, leurs caractéristiques ainsi que le nom qui leur ont été attribué selon les deux classifications.

Dans l'Annexe B.13 figure un résumé de tous les sondages effectués dans cette étude, avec leurs caractéristiques au niveau des paramètres utilisés ainsi que les noms des formes d'humus selon les deux classifications.

Groupe 9

Situation du groupe

Le groupe 9 est composé de 18 sondages de formes d'humus. Ces derniers sont situés abondamment à La Burtignière avec 16 sondages, mais également à Chapelle-des-Bois (Figures 3.3.3, 3.3.4 et 3.3.5i).

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.3.5 et 3.3.6, le groupe 9 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons OL et H (Hf et/ou Hm et/ou Hs)*** *dans tous les profils ;*
- ***d'horizons OF*** *dans quelques profils ;*
- ***d'un peu d'eau*** *(dans 83.3% des sondages) ;*

*ainsi que par l'****absence*** *:*

- ***de faune*** *(dans 72.2% des sondages) ;*
- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(dans 100% des sondages) ;*
- ***de carbonates*** *(dans 100% des sondages) ;*
- ***de mousses*** *(dans 77.8% des sondages).*

Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A) est de 4.7.

Tableau 3.3.6 : Détails des sondages du groupe 9 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

Les sondages en gras contiennent des mousses (horizons S* dans Annexe A.5). Les sondages soulignés contiennent de la faune. Entre parenthèses figure la nomenclature selon JABIOL et al. (2013).

	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	FORME D'HUMUS
B	**512**	OLv & S* / OFnoz / Hf1 / Hf2 / Hf3 / Hf4 / Hf5	FIBRIHISTOMOR (FIBRIMOR)
B	**501**	[OLv] / [S*] / OFnoz / Hm / Hf & Hm / Hf	MÉSIHISTOMOR (MESIMOR)
B	**510**	OLv / S* / Hf1 / Hf2 / Hf & Hsnoz / Hm & Hf	
B	**489**	[OLv] / S* / Hszo / Hm / Hf	MÉSIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface (MESIMOR (*Drying up at the surface*))
B	493	OLv / OFzo / Hsl / Hm / Hf	
B	**494**	[OLv] / S* / OFzo / Hszo & Hm / Hf / Hf & Hm	
B	502	OLv / OFnoz / Hm & Hsnoz / Hm / Hm & Hf / Hf1 / Hf2	
B	**1572**	[OLv] / S* / OFzo / Hszo / Hf	FIBRIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface (FIBRIMOR (*Drying up at the surface*))
B	**511**	OLv / S* / Hf1 / Hf2 / Hsnoz & Hf / Hm & Hf / Hsnoz / Hm & Hf	FIBRIHISTOMODER (FIBRIMODER)
B	**1677**	OLv / S* / Hf / Hm & Hf / Hf / Hm1 / Hm2 / Hf / Hm & Hf	
B	**18_06_1988**	OLv / S* / [OFnoz] / Hm1 / Hm2 / Hf1 / Hf2 / Hsnoz	
C	**1610**	[OLv] / S* / [OFnoz] / Hm / Hm & Hf / Hm / Hm & Hf / Hsnoz	
B	**492**	OLv / Hsnoz & Hm / Hf / Hm / Hsnoz / Hm	MÉSIHISTOMODER (MESIMODER)
C	807	OLv / OFnoz / Hsnoz / Hsnoz & Hm / Hm / Hm & Hf	
B	**582**	OLv / OFnoz / Hsnoz / Hm / Hf / Gr	SAPRIHISTOMODER (SAPRIMODER)
B	1557	OLv / OFnoz / Hsnoz / Hsnoz & Hm / Hm / Hsnoz & Hm	
B	**1719**	OLv / Hsnoz / Hm – Gr(o)	
B	**495**	OLv / OFzo / Hszo / Hszo & Hm / Hm & Hszo	HUMISTOAMPHI (HUMIAMPHI)

L'horizon OL est présent dans tous les profils et a une épaisseur moyenne de 1.8 cm (Tableaux 3.3.5 et 3.3.6). L'horizon OF est présent dans presque tous les sondages, sauf six, et a une épaisseur moyenne de 3.5 cm (moyenne calculée uniquement sur les profils contenant cet horizon, ce qui est valable pour toutes les épaisseurs moyennes suivantes dans ce paragraphe et dans les autres groupes). L'horizon Hf est présent dans tous les profils sauf trois, et a une épaisseur moyenne de 44.1 cm. L'horizon histique mésique Hm, d'une épaisseur moyenne de 33.0 cm, est présent dans tous les profils sauf dans deux sondages. L'horizon histique saprique est présent dans presque tous les profils, sauf trois, et a une épaisseur moyenne de 23.4 cm.

La **faune** est présente dans quelques sondages uniquement. Concernant les **mousses**, ces dernières sont présentes dans beaucoup de sondages. Quelques profils contiennent des sphaignes (512, 510, 494, 511, 1677 et

1610). Les profils contiennent soit **un peu d'eau** ou **beaucoup d'eau** (512, 1572 et 1610). Tous les profils ne réagissent pas à l'HCl, et ne contiennent donc **aucun carbonates**. Il n'y **aucune trace de rupture minéralogique et/ou lithologique** dans les sondages de ce groupe (cf. explications dans Tableau 3.3.4).

Formes d'humus présentes dans le groupe

On retrouve dans ce groupe des HISTOFORMES, et plus précisément un FIBRIHISTOMOR, des MÉSIHISTOMORS, des FIBRIHISTOMODERS, des MÉSIHISTOMODERS, des SAPRIHISTOMODERS ainsi qu'un HUMIHISTOAMPHI (Figure 3.3.5i ; Tableau 3.3.6). Un autre type de forme d'humus, non disponible dans les clés de détermination et donc spécialement créé ici dans cette thèse, a également été trouvé : des HISTOFORMES avec tendance à l'assèchement en surface, regroupant un FIBRIHISTOMOR ainsi que des MÉSIHISTOMORS avec tendance à l'assèchement en surface. Ce dernier type de forme d'humus témoigne de conditions oxiques et possède en effet des horizons histiques très humifiés en surface, symbolisant probablement un assèchement (Hszo et Hsl : décompostion faite par la faune aérobie ; Hsnoz : décompostion faite par des micro-organismes aérobies).

Les HISTOFORMES avec tendance à l'assèchement en surface sont localisées à La Burtignière. Les autres HISTOFORMES sont trouvées à Chapelle-des-Bois ainsi qu'à La Burtignière.

Groupe 6

Situation du groupe

Le groupe 6, très homogène, est composé de 12 sondages de formes d'humus. Ces derniers sont situés sur deux sites, principalement à La Burtignière avec huit sondages (Figures 3.3.3, 3.3.4 et 3.3.5f). Des sondages sont également trouvés au Sentier et à Chapelle-des-Bois, avec deux profils chacuns.

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.3.5 et 3.3.7, le groupe 6 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons OL et H (Hf et/ou Hm et/ou Hs)*** *dans tous les profils ;*
- ***d'horizons OF et/ou Ag*** *dans quelques profils ;*
- ***de beaucoup d'eau*** *(100%) ;*
- ***de mousses*** *(91.7%) ;*

*ainsi que par l'****absence :***

- ***de faune*** *(100%) ;*
- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(100%) ;*
- ***de carbonates*** *(100%).*

Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A) est de 4.6.

L'horizon OL est présent dans tous les profils, et a une épaisseur moyenne de 1.7 cm (Tableaux 3.3.5 et 3.3.7). L'horizon OF est présent dans quelques sondages uniquement et a une épaisseur moyenne de 1.0 cm. L'horizon histique fibrique Hf est présent dans tous les profils sauf un situé à La Burtignière, et a une épaisseur moyenne de 35.4 cm. Tous les profils, sauf le 506 présent au Sentier, contiennent un ou plusieurs horizons histiques mésiques Hm, qui font en moyenne 31.6 cm d'épaisseur. Quelques sondages possèdent des horizons histiques sapriques non zoogènes Hsnoz, avec 24.0 cm d'épaisseur. L'unique sondage possédant un horizon organo-minéral Ag de 17.0 cm d'épaisseur est présent au Sentier.

La **faune** est absente de tous les sondages. Concernant les **mousses**, ces dernières sont présentes dans tous les profils sauf un à La Burtignière. Des sphaignes sont présentes dans les sondages 1508, 1608, 1609, 1715, 1680, 514, 1674 et 1646. Tous les profils contiennent **beaucoup d'eau**. Tous les profils ne contiennent **aucun carbonates**. Il n'y a aucune **trace de rupture minéralogique et/ou lithologique** dans ce groupe.

Tableau 3.3.7 : Détails des sondages du groupe 6 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

Les sondages en gras contiennent des mousses (horizons S* dans Annexe A.5). Les sondages soulignés contiennent de la faune. Entre parenthèses figure la nomenclature selon JABIOL et al. (2013).

	N° PROFIL	SUCCESSION D'HORIZONS	FORME D'HUMUS
S	506	OLv / Hf / Ag & Hf / Ag – Mcra	EPIHISTOMOR (*Epihistic* HISTOMOR)
B	**1508**	OLv / S* / Hf / Hf & Hm / Hf / Hf & Hm / Hm	MÉSIHISTOMOR (MESIMOR)
C	**1608**	[OLv] / S* / [OFnoz] / Hm / Hf	
C	**1609**	[OLv] / S* / Hf / Hf & Hm	
B	482	[OLn] / Hf / Hsnoz / Hm / Hf	MÉSIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface (MESIMOR (*Drying up at the surface*))
B	**1715**	OLv & S* / OFnoz / Hsnoz / Hm / Hf	
S	1351	[OLv] / Hf / Hm / Hsnoz	FIBRIHISTOMODER (FIBRIMODER)
B	**1680**	OLv / S* / Hf / Hm & Hsnoz / Hf / Hm & Hsnoz / g	
B	**514**	OLv / S* / Hf / Hsnoz / Hm / Hf / Hm / Hsnoz & Hf	MÉSIHISTOMODER (MESIMODER)
B	572	OLv / OFnoz / Hsnoz / Hf / Hm / Hm & gh / g	
B	**1674**	OLv / S* / [OFnoz] / Hf / Hsnoz & Hm / Hf / Hm / Hm & Hsnoz	
B	**1647**	[OLv] / S* / OFnoz / Hsnoz / Hm / Hm & Hsnoz	HUMIHISTOMODER (HUMIMODER)

Formes d'humus présentes dans le groupe

Ce groupe contient des formes d'humus semi-terrestres, avec des HISTOFORMES et plus précisément des MÉSIHISTOMORS, FIBRIHISTOMODERS, MÉSIHISTOMODERS, HUMIHISTOMODER (Figure 3.3.5f ; Tableau 3.3.7).

Une EPIHISTOFORME et plus précisément un EPIHISTOMOR, a également été trouvée. Un autre type de forme d'humus a

également été trouvé : une HISTOFORME avec tendance à l'assèchement en surface, plus précisément un MÉSIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface. Cette dernière forme d'humus possède en effet des horizons histiques très humifiés en surface (Hs), probablement un signe d'assèchement.
L'EPIHISTOFORME est trouvée au Sentier. Les HISTOFORMES avec tendance à l'assèchement en surface sont trouvées à La Burtignière. Les HISTOFORMES sont trouvées au Sentier (Tableau 3.3.7), à Chapelle-des-Bois, ainsi qu'à La Burtignière.

Groupe 2

Situation du groupe

Le groupe 2, très homogène, est composé de 13 sondages. Ces derniers sont situés à part presque égale sur le site du Sentier, de La Burtignière et de Chapelle-des-Bois, avec respectivement trois, quatre et six sondages (Figures 3.3.3, 3.3.4 et 3.3.5b).

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.3.5 et 3.3.8, le groupe 2 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons OL et Aci (Acih et/ou Anci et/ou Acig)*** *dans tous les profils ;*
- ***d'horizons OF*** *dans quelques profils ;*
- ***de faune*** *(dans 100% des sondages) ;*

*ainsi que par l'****absence*** *:*

- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(100%) ;*
- ***d'eau*** *(100%) ;*
- ***de mousses*** *(61.5%).*

Tous les profils sont décarbonatés. Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A) est de 5.8.

L'horizon OL est présent dans tous les profils et a une épaisseur moyenne de 1.8 cm (Tableaux 3.3.5 et 3.3.8). L'horizon OF, avec une épaisseur moyenne de 0.9 cm, est présent dans tous les sondages sauf un. L'horizon An (Anci) est présent dans deux sondages uniquement, avec une épaisseur moyenne de 29.0 cm. L'horizon Ag (Acig) est présent dans quatre profils, avec une épaisseur moyenne de 14.0 cm. L'horizon Ah (Acih) est également présent dans quatre profils, avec une épaisseur moyenne de 25.8 cm. L'horizon A est présent dans sept sondages, avec Aci, et a une épaisseur moyenne de 23.4 cm.

La **faune** est présente dans tous les sondages. Concernant les **mousses (pas de sphaigne)**, ces dernières sont uniquement présentes dans quatre sondages. Tous les profils sont **secs**. Concernant les carbonates, tous les profils sont **décarbonatés**. Il n'y a **aucune trace de rupture minéralogique et/ou lithologique** dans ce groupe.

Tableau 3.3.8 : Détails des sondages du groupe 2 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

Les sondages en gras contiennent des mousses (horizons S* dans Annexe A.5). Les sondages soulignés contiennent de la faune. Entre parenthèses figure la nomenclature selon JABIOL et al. (2013).

	N° PROFIL	SUCCESSION D'HORIZONS	FORME D'HUMUS
B	**485**	[OLv] / S* / Aci / Sci	MÉSOTERROMULL (MESOMULL)
C	1377	OLv / [OFzo] / Aci / Aci – Sca	OLIGOTERROMULL (OLIGOMULL)
C	58/89b	OLv / OFzo / Aci / Aci – Sca	DYSTERROMULL (DYSMULL)
B	597	OLv / OFzo / Aci / Aci – Sci	
S	1659	[OLv] / OFzo / Acih / g	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL (*Stagnic* DYSMULL (*Drying up at the surface*))
C	1110	OLv / OFzo / Aci / Acag	
C	**1118**	[OLv] / S* /OFzo / Aci / Scag	
S	**1397**	[OLv] & [S*] / [OFzo] / Acih / g	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL (*Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*))
S	1660	OLv / [OFzo] / Acih / Acih – g	
B	587	OLv / [OFzo] / Acih / Acig / g	
C	1095	OLv / [OFzo] / Aci / Acag	
B	**578**	OLv / S* / [OFzo] / Anci / Acig	EUHISTOANMOOR (EUANMOOR)
C	1117	OLv / OFzo / Anci / Anci – Ccag	

Formes d'humus présentes dans le groupe

Ce groupe contient des formes d'humus terrestres, les TERROFORMES avec plus précisément un MÉSOTERROMULL, un OLIGOTERROMULL et des DYSTERROMULLS (Figure 3.3.5b ; Tableau 3.3.8). Il contient également des formes d'humus intermédiaires aux TERROFOROMES et aux HYDROFORMES, avec des HYDROFORMES à tendance TERROFORMES, et plus précisément des HYDROMULLS à tendance OLIGOTERROMULLS et des HYDROMULLS à tendance DYSTERROMULLS. Ces HYDROFORMES à tendance TERROFORMES n'existent pas dans les différentes clés de détermination (ZANELLA *et al.*, 2011 ; JABIOL *et al.*, 2013) et ont été créées ici, notamment à cause d'un horizon organo-minéral non hydromorphe (A ou Ah) présent au-dessus d'un autre horizon organo-minéral rédoxique (Ag) ou d'un horizon minéral réductique ou rédoxique (G ou g). Ces cas indiquent que l'eau n'atteint pas les horizons de surface de ces profils ; ces derniers sont donc aérés en surface. Il contient également un type d'HISTOFORME, les EUHISTOANMOORS.

Les TERROFORMES sont présentes à La Burtignière (Figure 3.3.5b ; Tableau 3.3.8) ainsi qu'à Chapelle-des-Bois. Les HYDROMULLS à tendance OLIGOTERROMULLS sont présents à La Burtignière, à Chapelle-des-Bois, ainsi qu'au Sentier. Les HYDROMULLS à tendance DYSTERROMULLS sont présents quant à eux au Sentier, ainsi qu'à Chapelle-des-Bois. Les EUHISTOAMOORS sont trouvés à La Burtignière et à Chapelle-des-Bois, avec un profil dans chaque site.

Groupe 5

Situation du groupe

Le groupe 5, très homogène, est composé de 14 sondages de formes d'humus. Ces derniers sont situés sur les trois sites d'étude, avec respectivement neuf, trois et deux sondages (Figures 3.3.3, 3.3.4 et 3.3.5e).

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.3.5 et 3.3.9, le groupe 5 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons Aca (Aca et/ou Acah et/ou Acag)*** *dans tous les profils ;*
- ***d'horizons OL et/ou OF*** *dans quelques profils ;*
- ***de faune*** *(dans 100% des sondages) ;*
- ***de carbonates*** *(100%) ;*

ainsi que par ***l'absence :***

- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(100%) ;*
- ***de mousses*** *(57.1 %) ;*
- ***d'eau*** *(64.3%).*

Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A) est de 6.4.

L'horizon OL est présent dans tous les profils sauf un présent au Sentier, et a une épaisseur moyenne de 1.4 cm (Tableaux 3.3.5 et 3.3.9). L'horizon OF est présent dans tous les sondages sauf trois, avec une épaisseur de 1.2 cm. L'horizon Acag est présent dans un unique sondage à La Burtignière et a une épaisseur de 9.0 cm. L'horizon Acah est présent dans quelques profils présents au Sentier, avec une épaisseur moyenne de 22.0 cm. L'horizon Aca est présent dans quasiment tous les profils, sauf deux, avec une épaisseur moyenne de 28.0 cm.

La **faune** est présente dans tous les profils. Concernant les **mousses**, ces dernières sont présentes dans cinq sondages uniquement. Aucune sphaigne n'est présente. La plupart des sondages ne contiennent **pas d'eau** (563, 1559, 1376, 1601, 1395, 1398, 1665, 1297, 1393), les autres en contiennent **un peu.** Tous les profils sont **carbonatés.** Il n'y a aucune **trace de rupture minéralogique et/ou lithologique** dans ce groupe.

Formes d'humus présentes dans le groupe

Ce groupe contient majoritairement des formes d'humus semi-terrestres, avec des HYDROFORMES à tendance TERROFORMES, et plus précisément des HYDROMULLS à tendance OLIGOTERROMULLS, des HYDROMULLS à tendance DYSTERROMULLS et des HYDROMULLS à tendance MÉSOTERROMULLS (Figure 3.3.5e ; Tableau 3.3.9). On trouve également une forme d'humus terrestre de type TERROFORME, et plus précisément deux OLIGOTERROMULLS.

Les HYDROFORMES à tendance TERROFORMES sont présentes au Sentier, à La Burtignière ainsi qu'à Chapelle-des-Bois. La forme d'humus OLIGOTERROMULL est présente à La Burtignière et à Chapelle-des-Bois.

Tableau 3.3.9 : Détails des sondages du groupe 5 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

Les sondages en gras contiennent des mousses (horizons S* dans Annexe A.5). Les sondages soulignés contiennent de la faune. Entre parenthèses figure la nomenclature selon JABIOL et al. (2013).

	N° PROFIL	SUCCESSION D'HORIZONS	FORME D'HUMUS
S	**1224**	OLv / S* / OFzo / Aca / Aca – Go	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL (*Stagnic* DYSMULL (*Drying up at the surface*))
S	1395	OLv / OFzo / Aca / Aca – Go	
S	**1352**	OLv & [S*] / OFzo / Aca / Aca – Ccra / Ccra – Go	
S	1398	OLv / OFzo / Aca / Ccag	
B	1570	OLv / OFzo / Aca / Acag / g / g – Hs	
S	**1665**	OLv & [S*] / Aca / Aca – Go	HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL (*Stagnic* MESOMULL (*Drying up at the surface*))
B	563	[OLv] / Aca / Acag	
C	**1376**	[OLv] / S* / Aca / Sca – g	
S	699	[OFzo] / Aca / Aca – Go	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL (*Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*))
S	1297	[OLv] / [OFzo] / Acah / g	
S	1393	[OLv] / [OFzo] / Acah / Acah – g	
S	1669	[OLv] / [OFzo] / Acah / g – Aca	
B	1559	[OLv] / [OFzo] / Aca / Aca – Sca	OLIGOTERROMULL (OLIGOMULL)
C	**1601**	[OLv] / S* / [OFzo] / Aca	

Groupe 1

Situation du groupe

Le groupe 1 est composé de 21 sondages de formes d'humus. Ces derniers sont abondamment trouvés à La Burtignière avec 13 sondages. Six sondages sont trouvés à Chapelle-des-Bois, alors qu'il n'y a que deux sondages au Sentier (Figures 3.3.3, 3.3.4 et 3.3.5a).

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.3.5 et 3.3.10, le groupe 1 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons OL et A (An et/ou Ag et/ou Ah et/ou A)*** *dans tous les profils ;*
- ***d'horizons OF et/ou OH et/ou Hm et/ou Hs*** *dans quelques profils ;*
- ***de faune*** *(dans 100% des profils) ;*

*ainsi que par l'****absence*** *:*

- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(85.7%) ;*
- ***de mousses*** *(66.7%) ;*
- ***de carbonates*** *(100%) ;*
- ***d'eau*** *(90.5%).*

Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A) est de 5.4.

L'horizon OL a une épaisseur moyenne de 1.8 cm et est présent dans tous les profils (Tableaux 3.3.5 et 3.3.10).

L'horizon OF a une épaisseur moyenne de 1.3 cm et est présent dans tous les profils, sauf un. L'horizon OH est présent uniquement dans un profil avec une épaisseur de 2.0 cm. Trois profils, contenant des horizons OL, OF et A (An ou Ah ou A), possèdent quelques horizons histiques mésiques Hm (épaisseur moyenne 11.3 cm) et quelques horizons histiques sapriques Hs (épaisseur moyenne de 7.0 cm). L'horizon An est présent dans cinq sondages avec une épaisseur moyenne de 24.8 cm. L'horizon Ag est quant à lui présent dans huit sondages et a une épaisseur moyenne de 16.1 cm. L'horizon Ah est présent dans neuf profils et a une épaisseur moyenne de 23.0 cm. L'horizon A est présent dans six sondages, avec une épaisseur moyenne de 19.2 cm.

Il y a présence de **faune** dans tous les profils. Les **mousses (aucune sphaigne)** y sont également présentes dans 7 profils sur 21. La plupart des profils ne contiennent **pas d'eau** (90.5% des sondages), les autres en contiennent **un peu** (9.5%). Concernant les **carbonates**, tous les profils ne contiennent **aucun carbonates**. Dans ce groupe, des **traces de rupture minéralogique et/ou lithologique** sont présentes dans trois sondages uniquement : ces profils contiennent des horizons histiques qui ont été recouverts par des particules minérales amenant par la suite la formation d'un horizon A (An ; A ; Ah).

Formes d'humus présentes dans le groupe

Au niveau nomenclatural, ce groupe rassemble des HYDROFORMES à tendance TERROFORMES et plus précisément un HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL, des HYDROMULLS à tendance OLIGOTERROMULLS, des HYDROMULLS à tendance DYSTERROMULLS et un HYDROMODER à tendance HÉMITERROMODER (Figure 3.3.5a ; Tableau 3.3.10).
Il contient également un HYDROMULL, des EUHISTOANMOORS, ainsi qu'une forme d'humus superposée, de type HYDROFORME à tendance TERROFORME, superposée à HISTOFORME.

L'HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL est présent à Chapelle-des-Bois. Les HYDROMULLS à tendance OLIGOTERROMULLS sont présents à La Burtignière, au Sentier et à Chapelle-des-Bois. Les HYDROMULLS à tendance DYSTERROMULLS sont présents tant à La Burtignière qu'à Chapelle-des-Bois. L'HYDROMODER à tendance HÉMITERROMODER est présent à La Burtignière. L'HYDROMULL est présent à Chapelle-des-Bois. Les EUHISTOANMOORS sont présents à La Burtignière et à Chapelle-des-Bois. La forme d'humus superposée – HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL, superposée à HUMIHISTOMODER – est située à La Burtignière.

Tableau 3.3.10 : Détails des sondages du groupe 1 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

Les sondages en gras contiennent des mousses (horizons S* dans Annexe A.5). Les sondages soulignés contiennent de la faune. Entre parenthèses figure la nomenclature selon JABIOL et al. (2013).

	N° PROFIL	SUCCESSION D'HORIZONS	FORME D'HUMUS
S	1296, 1670	[OLv] / [OFzo] / Ah / g	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL (*Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*))
B	**1512**	[OLv] / S* / [OFzo] / Ah / g	
B	534	OLv / [OFzo] / A / g / II Hm & Hsnoz / III Gr	
B C	593 1115	OLv / [OFzo] / Ah / g	
B	**1511**	[OLv] / S* / [OFzo] / A / Go – A	
B	**1513**	OLv / S* / [OFzo] / A / g	
C	1090	[OLv] / [OFzo] / A / Ag / g	
B	562, 1565	OLv / OFzo / Ah / Ag / g	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL (*Stagnic* DYSMULL (*Drying up at the surface*))
C	**1496**	[OLv] / S* / OFzo / A / Ag / g	
C	**1109**	[OLv] / S* / A / Ag – S / g	HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL (*Stagnic* MESOMULL (*Drying up at the surface*))
B	532	OLv / [OFzo] / Ah / Agh / g / II Hm / II Hsnoz & Hm	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL, superposé à HUMIHISTOMODER (*Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*), superposed to HUMIMODER)
B	529	OLv / [OFzo] / [OHzo] / Ah / Ahg	HYDROMODER à tendance HÉMITERROMODER (*Stagnic* HEMIMODER (*Drying up at the surface*))
C	**810**	OLv / [S*] / OFzo / Ag / g	HYDROMULL (*Stagnic* MULL)
B	497	OLv / OFzo / An / Goh / Go & Hm / Gr / II Hsl	EUHISTOANMOOR (EUANMOOR)
B	498	OLn / OFzo / An / Ag / gh	
B	525	OLv / OFzo / An / An – g / Goh	
B	**589**	[OLv] / [OFzo] / An / Gr	
C	804	[OLv] / [OFzo] / An / An – gh	

Groupe 4

Situation du groupe

Le groupe 4 est composé de 12 sondages de formes d'humus. Ces derniers sont situés sur deux sites d'étude, à savoir à La Burtignière et à Chapelle-des-Bois, avec respectivement 11 et 1 sondages (Figures 3.3.3, 3.3.4 et 3.3.5d).

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.3.5 et 3.3.11, le groupe 4 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons OL et H (Hf et/ou Hm et/ou Hs)*** *dans tous les profils ;*
- ***d'horizons OF et/ou OH et/ou An et/ou Ag*** *dans quelques profils ;*
- ***de faune*** *(dans 83.3% des sondages) ;*
- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(100%) ;*
- ***de mousses*** *(58.3%) ;*
- ***d'un peu d'eau*** *(91.7%) ;*

*ainsi que par l'****absence*** *:*

- ***de carbonates*** *(100%).*

Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A) est de 5.2.

L'horizon OL est présent dans tous les profils et a une épaisseur moyenne de 2.2 cm (Tableaux 3.3.5 et 3.3.11). L'horizon OF, avec une épaisseur moyenne de 1.4 cm, est présent dans presque tous les profils. Le sondage 1556 est le seul à contenir un horizon OH de 7.0 cm d'épaisseur. Les horizons histiques sont présents dans tous les sondages. Les horizons histiques fibriques Hf sont présents dans quelques profils avec une épaisseur moyenne de 10.3 cm. Les horizons histiques mésiques sont présents dans tous les profils, sauf deux, et ont une épaisseur moyenne de 37.7 cm. Les horizons Hs sont présents également dans presque tous les sondages, avec une épaisseur moyenne de 13.9 cm. L'horizon An est également présent dans presque tous les sondages avec une épaisseur moyenne de 22.0 cm. L'horizon Ag est uniquement présent dans un sondage et a une épaisseur de 28.0 cm.

La **faune** est présente dans tous les profils, sauf un présent à La Burtignière et un autre à Chapelle-des-Bois. Concernant les **mousses**, ces dernières sont présentes dans sept sondages. Le sondage 1556 est le seul à contenir des sphaignes. Tous les sondages contiennent **un peu d'eau**, sauf un qui en contient **beaucoup** (12/88a). Tous les profils ne contiennent **aucun carbonates**. Des traces de **rupture minéralogique et/ou lithologique** sont présentes dans tous les profils, symbolisées par un horizon histique recouvert par des horizons minéraux ou organo-minéraux.

Formes d'humus présentes dans le groupe

Ce groupe contient des formes semi-terrestres, avec des HISTOFORMES et plus précisément un SAPRIHISTOMODER et des EUHISTOANMOORS (Figure 3.3.5d ; Tableau 3.3.11). Il contient également des formes d'humus superposées avec des EUHISTOANMOORS superposés à des HISTOFORMES (EUHISTOANMOOR superposé à MÉSIHISTOMODER, EUHISTOANMOOR superposé à DYSHUMIHISTOMODER), ainsi qu'une TERROFORME superposée à une HISTOFORME (DYSTERROMODER superposé à FIBRIHISTOMODER).

Les formes d'humus superposées sont uniquement présentes à La Burtignière (Figure 3.3.5d ; Tableau 3.3.11). Les HISTOFORMES sont majoritairement présentes à La Burtignière. Un EUHISTOANMOOR est présent à Chapelle-des-Bois.

Tableau 3.3.11 : Détails des sondages du groupe 4 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

Les sondages en gras contiennent des mousses (horizons S* dans Annexe A.5). Les sondages soulignés contiennent de la faune. Entre parenthèses figure la nomenclature selon JABIOL et al. (2013).

	N° PROFIL	SUCCESSION D'HORIZONS	FORME D'HUMUS
B	**1566**	OLv /& S* / OFnoz / Hsnoz & Hm / Hm / Hsnoz / An / Hsnoz & Hm	SAPRIHISTOMODER (SAPRIMODER)
B	1510	OLv / OFzo / An / An – Gr / Gr – II Hm / II Hm	EUHISTOANMOOR superposé à DYSHUMIHISTOMODER (EUANMOOR superposed to DYSHUMIMODER)
B	**1645**	OLv / S* / An / An – Go / Go – g / II Hf & Hm / II Hm & Hsnoz / II Hsnoz & Hm	EUHISTOANMOOR superposé à MÉSIHISTOMODER (EUANMOOR superposed to MESIMODER)
B	**1556**	OLv / S* / OFzo / OHzo / Hf – Hm / Hm – Gr / Gr – Hm / II Hsl & Hm / II Gr & Hm	DYSTERROMODER superposé à FIBRIHISTOMODER (DYSMODER superposed to FIBRIMODER)
B	**487**	OLn / S* / An / Ag / Hszo & g / g / II Hs	EUHISTOANMOOR (EUANMOOR)
B	526	OLv / OFzo / An / Hm / Hm & Hsnoz	
B	577	OLv / OFzo / An / Hm / g	
B	**1514**	[OLv] / S* / [OFzo] / An / Hm / g / II Hm / II g	
B	**1571**	OLv & S* / [OFzo] / An / An – Hm – Hsnoz / Hm & Hsnoz / Hm	
B	**1573**	[OLv] / S* / OFzo / An / Hsl / g	
C	12/88a	[OLv] / [OFnoz] / An / Hm	
B	567	OLv / OFzo / An / Hm / g & Hf / II Hm / II An / II Go	EUHISTOANMOOR (de surface et enfoui) (EUANMOOR)

Groupe 3

Situation du groupe

Le groupe 3 est composé de 10 sondages de formes d'humus. Ces derniers sont situés sur les trois sites d'étude, avec un sondage au Sentier, six à La Burtignière et trois à Chapelle-des-Bois (Figures 3.3.3, 3.3.4 et 3.3.5c).

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.3.5 et 3.3.12, le groupe 3 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons An*** *dans tous les profils ;*
- ***d'horizons OL et/ou OF et/ou Hf et/ou Hs et/ou Ag*** *dans quelques profils ;*
- ***de faune*** *(dans 90% des sondages) ;*
- ***de mousses*** *(70%) ;*
- ***d'un peu d'eau*** *(60%) ;*

*ainsi que par l'****absence*** *:*

- ***de carbonates*** *(90%) ;*
- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(90%).*

Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A) est de 5.5.

L'horizon OL est présent dans tous les profils sauf un sondage, et a une épaisseur moyenne de 1.4 cm (Tableaux 3.3.5 et 3.3.12). L'horizon OF, avec une épaisseur moyenne de 1.3 cm, est présent dans sept sondages. Un seul profil à Chapelle-des-Bois contient un horizon histique fibrique (Hf) de 36.0 cm d'épaisseur. Un profil à La Burtignière contient un horizon histique saprique (Hs) en poche de 2.0 cm d'épaisseur. L'horizon An est présent dans tous les profils, et a une épaisseur moyenne de 39.7 cm. Un sondage présent à La Burtignière contient un horizon Ag, qui fait 11.0 cm d'épaisseur.

La **faune** est présente dans tous les profils, sauf un. Concernant les **mousses (pas de sphaigne)**, ces dernières sont présentes dans sept profils. La majorité des profils contiennent **un peu d'eau** (60%), les autres en contiennent beaucoup. Concernant les carbonates, tous les profils ne contiennent **aucun carbonates**, sauf le sondage 508 qui est **décarbonaté** (ou en train de subir une décarbonatation). Il y a **des traces de rupture minéralogique et/ou lithologique** dans un seul sondage (1498), symbolisée par un horizon An sur un horizon Hf (apport de minéral).

Formes d'humus présentes dans le groupe

Ce groupe contient uniquement des formes d'humus de type HISTOFORMES, et plus précisément des EUHISTOANMOORS, répartis sur les trois sites d'étude (Figure 3.3.5c ; Tableau 3.3.12).

Tableau 3.3.12 : Détails des sondages du groupe 3 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

Les sondages en gras contiennent des mousses (horizons S* dans Annexe A.5). Les sondages soulignés contiennent de la faune. Entre parenthèses figure la nomenclature selon JABIOL et al. (2013).

	N° PROFIL	SUCCESSION D'HORIZONS	FORME D'HUMUS
S	**508**	S* & [OLv] / Anci / Anca – Go	EUHISTOANMOOR (EUANMOOR)
B	520	OLv / An / An – Gr	
B	**571**	OLv & S* / OFzo / An / g & Hs	
B	1509, 1723	OLv / OFzo / An / g	
B	**1716**	OLv & S* / OFzo / An / g	
B	**1727**	S* / [OFzo] / An / Ag	
C	**1106**	[OLv] / S* / [OFzo] / An / An – Gr	
C	**1114**	[OLv] / S* / [OFzo] / An / g	
C	**1498**	[OLv] & [S*] / An / Hf	

Groupe 8

Situation du groupe

Le groupe 8, très homogène, est composé de 7 sondages de formes d'humus. Ces derniers sont situés à La Burtignière et à Chapelle-des-Bois, avec respectivement quatre et trois sondages (Figures 3.3.3, 3.3.4 et 3.3.5h).

Caractéristiques du groupe

Selon les Tableaux 3.3.5 et 3.3.13, le groupe 8 est caractérisé par la ***présence :***

- ***d'horizons OL et Ah*** *dans tous les profils ;*
- ***d'horizons OF et/ou Ag*** *dans quelques profils ;*
- ***de faune*** *(85.7%) ;*
- ***d'un peu d'eau*** *(100%) ;*
- ***de mousses*** *(71.4%) ;*

*ainsi que par l'****absence*** *:*

- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique*** *(100%) ;*
- ***de carbonates*** *(100%).*

Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A) est de 5.6.

L'horizon OL est présent dans tous les profils (Tableaux 3.3.5 et 3.3.13), avec une épaisseur moyenne de 1.1 cm. L'horizon OF est présent dans tous les sondages, sauf un sondage présent à La Burtignière et un autre à Chapelle-des-Bois. Son épaisseur moyenne est de 0.9 cm. L'horizon Ag est présent à Chapelle-des-Bois et à La Burtignière, et a une épaisseur moyenne de 10.0 cm. L'horizon Ah est présent dans tous les profils et a une épaisseur moyenne de 26.0 cm.

La **faune** est présente dans tous les profils, sauf un sondage situé à Chapelle-des-Bois. Concernant les **mousses (aucune sphaigne)**, ces dernières sont présentes dans tous les sondages sauf un également situé à Chapelle-des-Bois. Les sondages contiennent tous **un peu d'eau**. Tous les profils ne contiennent **aucun carbonates**. Il n'y a **aucune trace de rupture minéralogique et/ou lithologique** dans les profils de ce groupe.

Formes d'humus présentes dans le groupe

Ce groupe contient uniquement des formes d'humus semi-terrestres de type HYDROFORMES à tendance TERROFORMES, avec plus précisément des HYDROMULLS à tendance DYSTERROMULLS, des HYDROMULLS à tendance MÉSOTERROMULLS et des HYDROMULLS à tendance OLIGOTERROMULLS (Figure 3.3.5h ; Tableau 3.3.13).

Ces HYDROFORMES à tendance TERROFORMES sont présentes à La Burtignière ainsi qu'à Chapelle-des-Bois.

Tableau 3.3.13 : Détails des sondages du groupe 8 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

Les sondages en gras contiennent des mousses (horizons S* dans Annexe A.5). Les sondages soulignés contiennent de la faune. Entre parenthèses figure la nomenclature selon JABIOL et al. (2013).

	N° PROFIL	SUCCESSION D'HORIZONS	FORME D'HUMUS
B	**1724**	[OLv] / [S*] / OFzo / Ah / Ah – Gr	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL (*Stagnic* DYSMULL (*Drying up at the surface*))
B	**488**	[OLv] / S* / Ah / Ah – Gr	HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL (*Stagnic* MESOMULL (*Drying up at the surface*))
C	**5789**	[OLv] & [S*] / Ah / Ag	
B	576	OLv / [OFzo] / Ah / Ag	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL (*Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*))
B	**1574**	[OLv] / S* / [OFzo] / Ah / Ag / Gr	
C	**809**	[OLv] / S* / [OFzo] / Ah / Sg – Ag	
C	1497	[OLv] / [OFzo] / Ah / Ag – Sg	

Groupe 7

Situation du groupe

Le groupe 7, très homogène, est composé de 10 sondages de formes d'humus. Ces derniers sont situés à La Burtignière et au Sentier, avec respectivement quatre et six sondages (Figures 3.3.3, 3.3.4 et 3.3.5g).

Caractéristiques du groupe

*Selon les Tableaux 3.3.5 et 3.3.14, le groupe 7 est caractérisé par la **présence :***

- ***d'horizons OL et Aci (Aci et/ou Acih et/ou Anci et/ou Acig)** dans tous les profils ;*
- ***d'horizons OF et/ou Hs** dans quelques profils ;*
- ***de faune** (dans 100% des sondages) ;*
- ***d'un peu d'eau** (100%) ;*
- ***de mousses** (70%) ;*

*ainsi que par l'**absence :***

- ***de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique** (90%).*

Tous les profils sont décarbonatés. Le pH moyen de l'horizon d'enracinement principal (premier horizon A ou H) est de 5.9.

L'horizon OL est présent dans tous les profils et a une épaisseur moyenne de 2.2 cm (Tableaux 3.3.5 et 3.3.14). L'horizon OF est présent dans tous les profils, sauf le profil 507 situé au Sentier, et a une épaisseur moyenne de 2.0 cm. L'unique sondage contenant un horizon histique saprique limique Hsl est situé à La Burtignière. Cet horizon a une épaisseur de 14.0 cm. Six sondages sur les dix contiennent un horizon organo-minéral à anmoor Anci, qui a une épaisseur moyenne de 43.7 cm. L'horizon Acig est présent dans trois sondages, et a une épaisseur 13.7 cm. L'horizon Acih est présent dans les quatre profils et a une épaisseur moyenne de 28.8 cm. L'horizon Aci est quant à lui présent uniquement dans un profil du Sentier et a une épaisseur de 15.0 cm.

La **faune** est présente dans tous les profils. Concernant les **mousses (aucune sphaigne)**, ces dernières sont présentes dans tous les profils, sauf deux présents au Sentier et un situé à La Burtignière. Tous les profils contiennent **un peu d'eau**. Tous les profils sont **décarbonatés**. Des **traces de rupture minéralogique et/ou lithologique** sont présentes dans un seul et unique sondage présent à La Burtignière (1642), qui contient un horizon histique recouvert par un horizoon Anci.

Formes d'humus présentes dans le groupe

Ce groupe contient des formes semi-terrestres de type HYDROFORMES à tendance TERROFORMES et plus précisément des HYDROMULLS à tendance DYSTERROMULLS (Figure 3.3.5g ; Tableau 3.3.14). D'autres formes semi-terrestres, des HISTOFORMES sont également présentes, avec des EUHISTOANMOORS.

Les HYDROFORMES à tendance TERROFORMES et les HISTOFORMES sont présentes au Sentier ainsi qu'à La Burtignière.

Tableau 3.3.14 : Détails des sondages du groupe 7 avec leurs formes d'humus et les successions d'horizons associées. Le lieu des sondages est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

Les sondages en gras contiennent des mousses (horizons S* dans Annexe A.5). Les sondages soulignés contiennent de la faune. Entre parenthèses figure la nomenclature selon JABIOL et al. (2013).

	N° PROFIL	SUCCESSION D'HORIZONS	FORME D'HUMUS
S	1392, 1394	OLv / OFzo / Acih / Acah – Ccag	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL (*Stagnic* DYSMULL (*Drying up at the surface*))
S	**1668**	S* &[OLv] / OFzo / Acih / Aci / Ccag – Aca	
B	**570**	OLv & S* / OFzo / Acih / Acag	
S	**507**	[OLv] & [S*] / Anci / Anci – g	EUHISTOANMOOR (EUANMOOR)
S	**698**	[OLv] & [S*] / OFzo / Anci / Anci – Mcra & g	
S	**1568**	[OLv] & [S*] / OFzo / Anci / g	
B	1642	OLv / OFzo / Anci / Hsl	
B	**1644**	[OLv] & S* / OFzo / Anci / Acig	
B	**1646**	[OLv] & S* / OFzo / Anci / Acag	

Synthèse

N.B. : Les EUHISTOANMOORS sont des formes d'humus appartenant aux HISTOFORMES. Cependant, dans cette synthèse ainsi que sur les cartes suivantes représentant la répartition de chaque forme d'humus dans chaque site d'étude (Figures 3.3.8, 3.3.9, et 3.3.10), les EUHISTOANMOORS sont présentés séparément des HISTOFORMES, afin de bien montrer leur grande importance et abondance dans l'ensemble des sites étudiés. Par ailleurs, comme cela est expliqué plus loin, ces formes d'humus ont un fonctionnement bien particulier pour des HISTOFORMES, et il serait ainsi dommage de les englober dans cette grande catégorie. Dans la discussion ensuite, ces EUHISTOANMOORS seront regroupés dans les HISTOFORMES, comme cela figure dans les classifications (ZANELLA et al., 2011 ; JABIOL et al., 2013).

Sur l'ensemble des sites étudiés (Figure 3.3.6), 10 types de formes d'humus ont été trouvés. On trouve majoritairement des HISTOFORMES à tendance TERROFORMES (38%), des EUHISTOANMOORS (26%) ainsi que d'autres HISTOFORMES (20%). Des TERROFORMES ainsi que des HISTOFORMES asséchées en surface sont également présentes et représentent 5% et 6% des formes d'humus. On trouve aussi une HYDROFORME ainsi qu'une EPIHISTOFORME (1%). Des formes d'humus particulières, les formes d'humus superposées, y sont également trouvées : HYDROFORME à tendance TERROFORME superposée à HISTOFORME (1%), TERROFORME superposée à HISTOFORME (1%) et EUHISTOANMOOR superposé à HISTOFORME (2%).

Les HYDROFORMES à tendance TERROFORMES sont présentes dans les trois sites d'étude, mais sont plus abondantes au Sentier puis à Chapelle-des-Bois (Figures 3.3.7, 3.3.8, 3.3.9 et 3.3.10). Les EUHISTOANMOORS ainsi que les HISTOFORMES sont également trouvés dans les trois sites d'étude. Cependant, ces deux formes d'humus sont plus présentes à La Burtignière. Les TERROFORMES sont présentes uniquement à Chapelle-des-Bois ainsi qu'à La Burtignière. Certaines formes d'humus ne sont trouvées que dans un des sites d'étude : les HISTOFORMES à tendance à l'assèchement en surface ainsi que les formes d'humus superposées ne sont présentes qu'à La Burtignière. L'EPIHISTOFORME n'est trouvée qu'au Sentier, alors que l'HYDROFORME n'est présente qu'à Chapelle-des-Bois.

Le site du Sentier est le plus pauvre en types de formes d'humus, avec seulement quatre types différents (Figure 3.3.7). Au contraire, la diversité est maximale à La Burtignière qui contient huit formes d'humus différentes. Chapelle-des-Bois est un site intermédiaire, avec cinq types de formes d'humus différents.

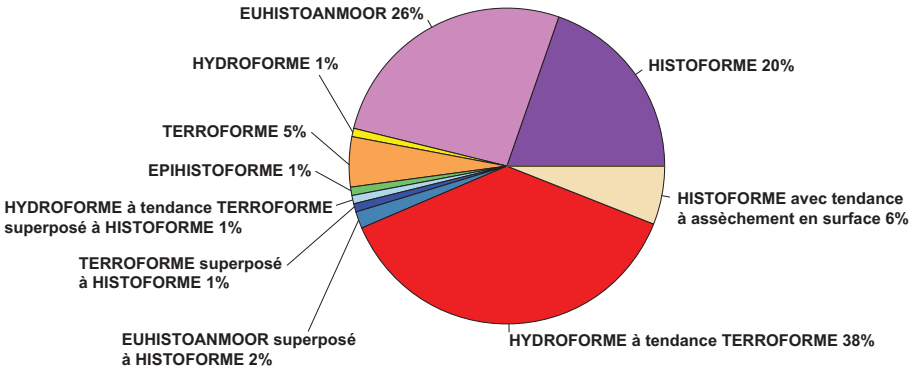


Figure 3.3.6 : Proportions des différentes formes d'humus trouvées dans l'ensemble des trois sites étudiés. Les correspondances avec la clé de JABIOL et al. (2013) peuvent être trouvées dans la légende de la Figure 3.3.7.

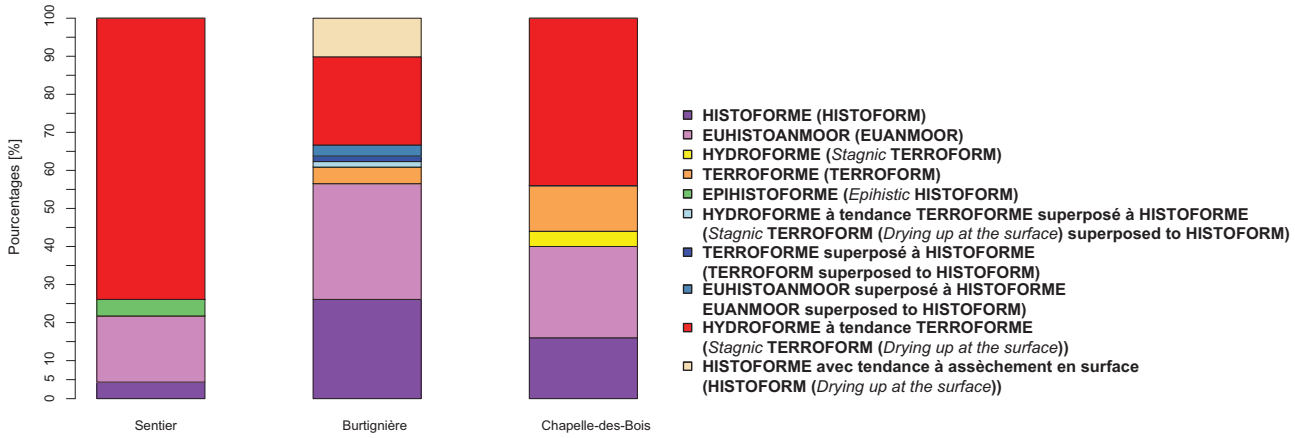


Figure 3.3.7 : Proportions des différentes formes d'humus trouvées dans chacun des trois sites étudiés. Entre parenthèses se trouve la classification selon JABIOL et al. (2013).

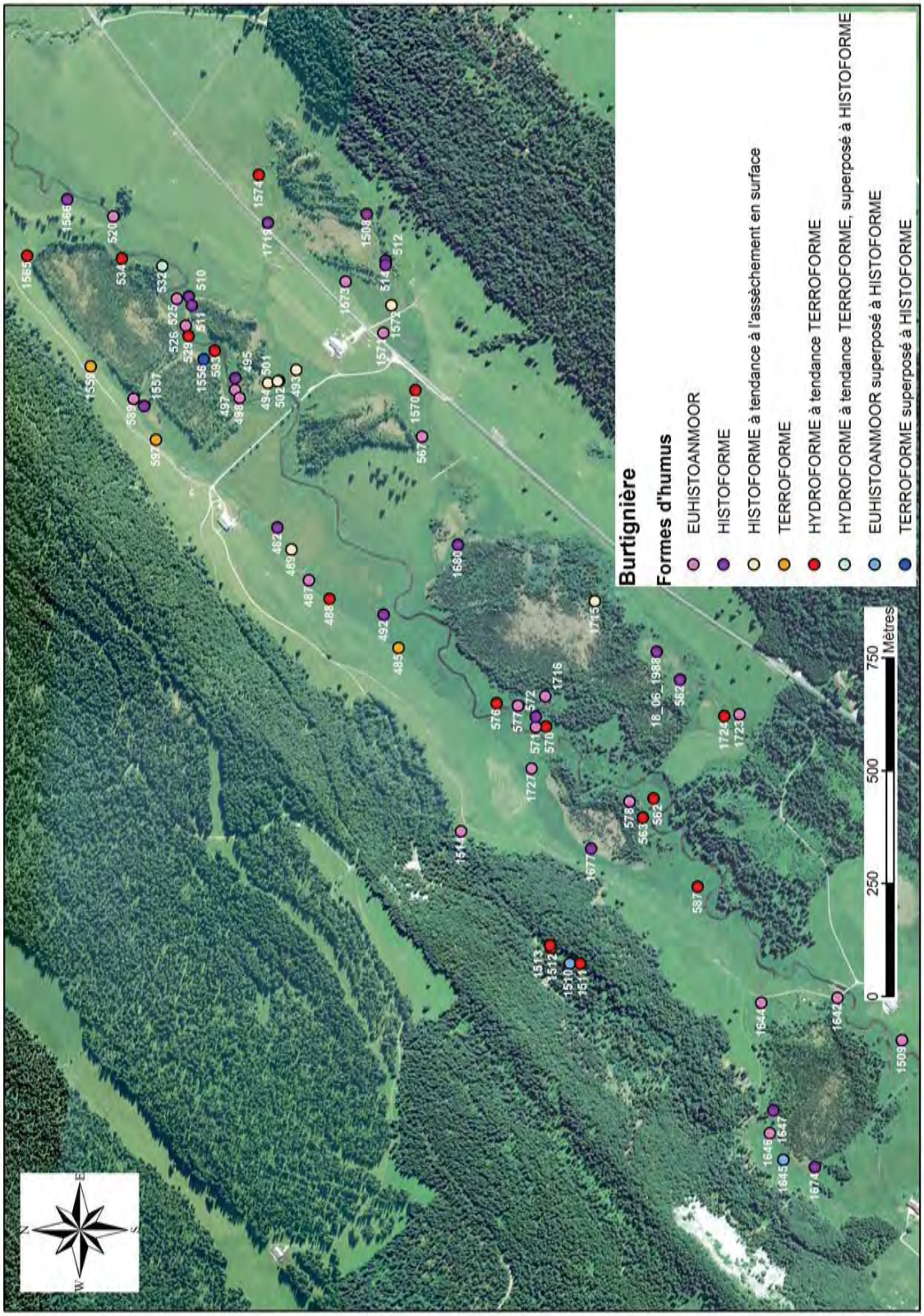


Figure 3.3.8 : Emplacement des sondages et répartition des types de formes d'humus sur le site de La Burtignière, à la Vallée de Joux (VD, Suisse). Orthophoto de 2008-2009 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern). Pour la correspondance avec JABIOL et al. (2013), voir la légende de la Figure 3.3.7.

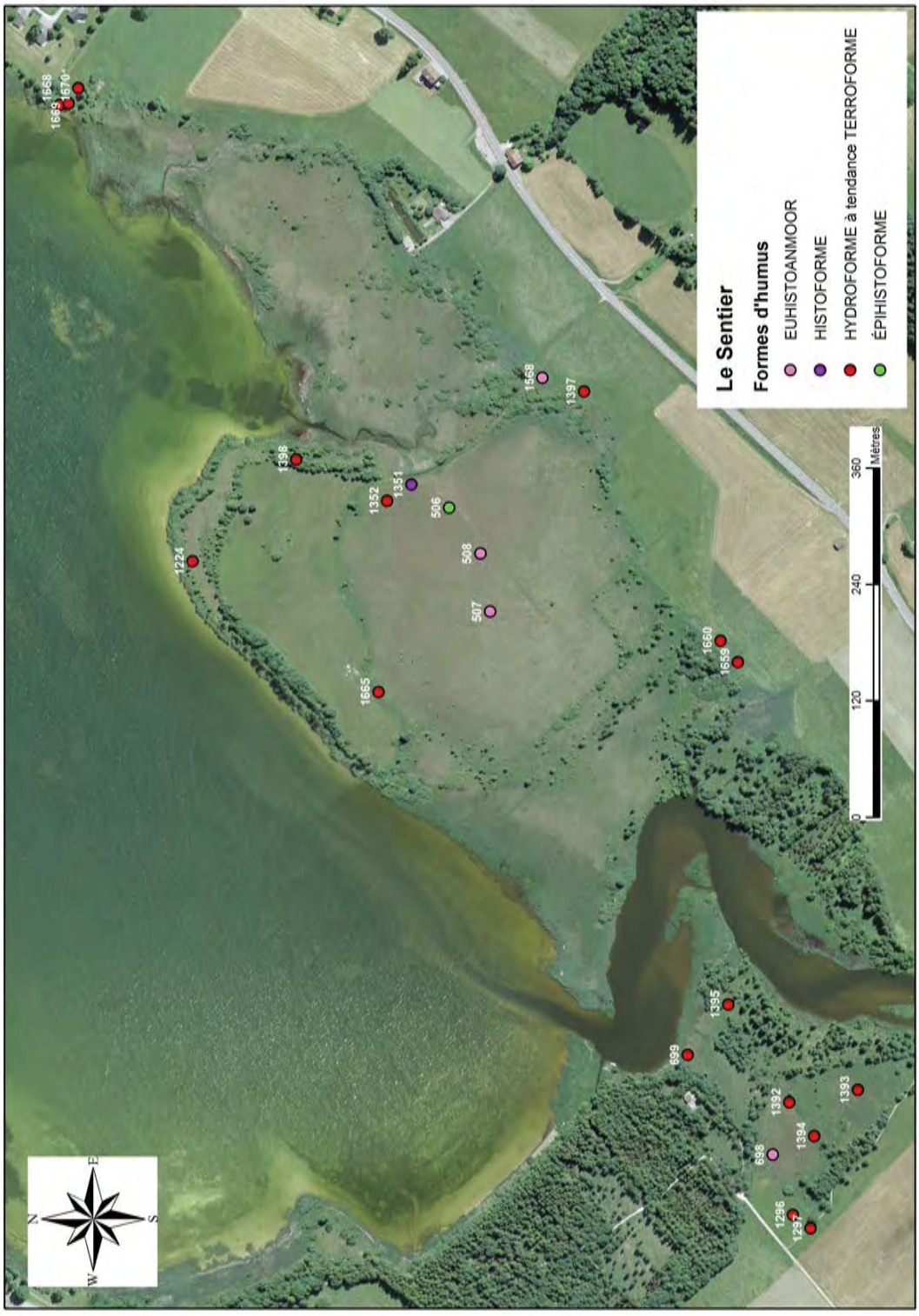


Figure 3.3.9 : Emplacement des sondages et répartition des types de formes d'humus sur le site du Sentier, à la Vallée de Joux (VD, Suisse). Orthophoto de 2008 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern). Pour la correspondance avec JABIOL et al. (2013), voir la légende de la Figure 3.3.7.

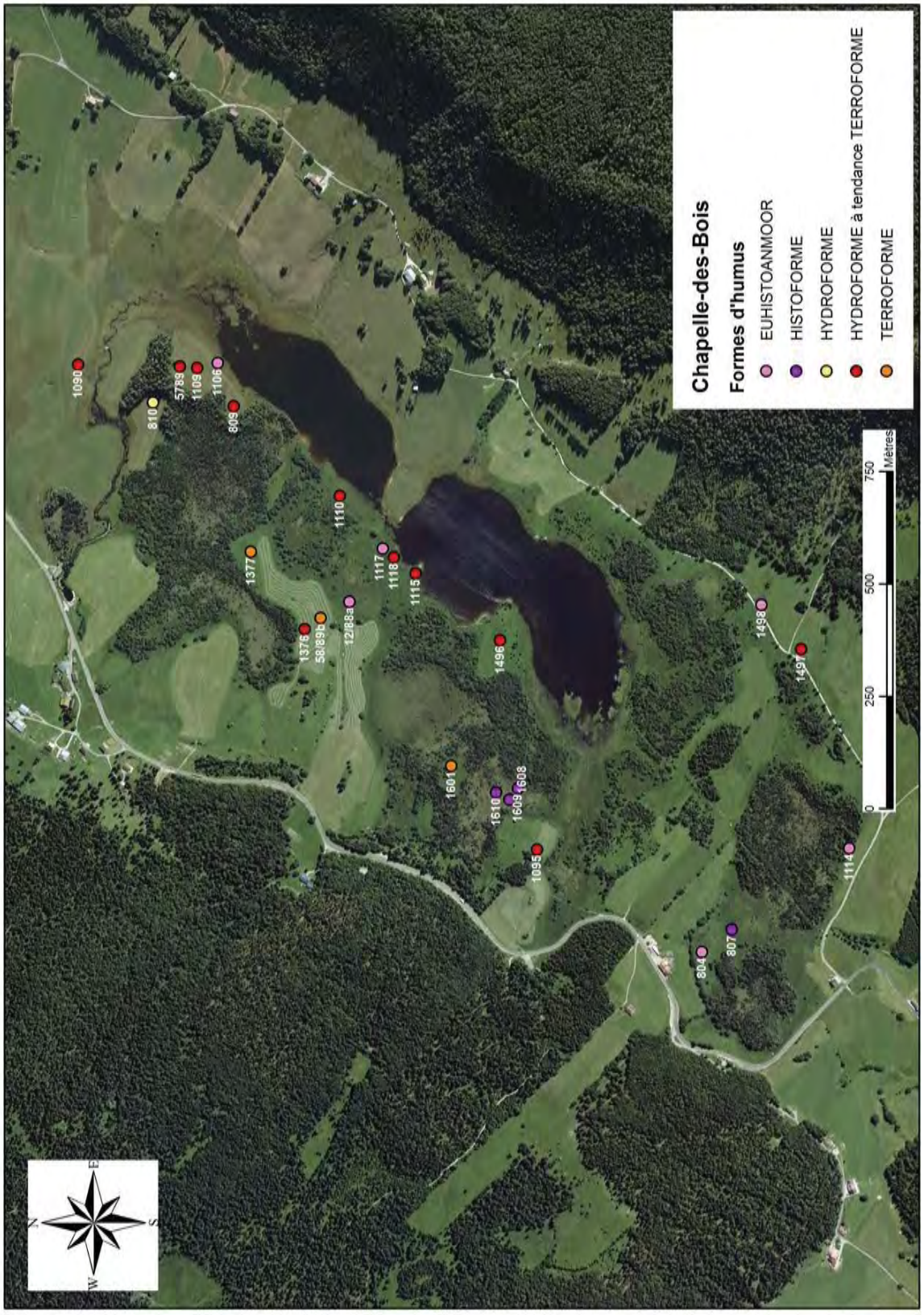


Figure 3.3.10 : Emplacement des sondages et répartition des types de formes d'humus sur le site de Chapelle-des-Bois (départements du Doubs et du Jura, France). Orthophoto BD ORTHO® 50 cm de résolution de 2010, ©IGN France 2014. Pour la correspondance avec JABIOL et al. (2013), voir la légende de la Figure 3.3.7.

3.3.4 Discussion

Formes d'humus observées dans les sites d'étude selon ZANELLA *et al.* (2011) et JABIOL *et al.* (2013) : types et fonctionnement

N.B. : La nomenclature selon JABIOL et al*. (2013) est donnée entre parenthèses, que cela soit dans le texte ou dans les différents sous-titres.*

Globalement, sur l'ensemble des sites étudiés, on retrouve des formes d'humus hydromorphes semi-terrestres de types HISTOFORMES (HISTOFORMS selon JABIOL *et al.* (2013)), HYDROFORMES (*Stagnic* TERROFORMS), et EPIHISTOFORMES (*Epihistic* HISTOFORMS), ainsi que des formes d'humus complètement aérées de type TERROFORMES (TERROFORMS). Des formes intermédiaires sont également présentes, comme les HISTOFORMES à tendance à l'assèchement en surface (HISTOFORMS (*Drying up at the surface*)), ainsi que les HYDROFORMES à tendance TERROFORMES (*Stagnic* TERROFORM (*Drying up at the surface*)). Ce dernier type est caractérisé par des horizons secs et passablement aérés en surface, posés sur des horizons hydromorphes organo-minéraux (Ag) ou minéraux (g ou G). Des formes d'humus superposés sont également présentes, et sont synonymes d'un changement du fonctionnement et de la morphologie du sol ayant eu lieu vraisemblablement dans un lointain passé (peut-être au Petit Age Glaciaire par exemple, cf. paragraphe sur les formes superposées) vu la profondeur d'apparition de ces horizons concernés : HYDROFORME à tendance TERROFORME, superposée à HISTOFORME (*Stagnic* TERROFORM (*Drying up at the surface*), superposed to HISTOFORM), TERROFORME superposée à HISTOFORME (TERROFORM superposed to HISTOFORM), et EUHISTOANMOOR superposé à HISTOFORME (EUANMOOR superposed to HISTOFORM).

Les formes d'humus suivantes, EUHISTOANMOORS (avec les successions An / H ; An / Ag), HYDROFORMES à tendance TERROFORMES (A ou Ah ; A ou Ah / Ag), HISTOFORMES à tendance à l'assèchement en surface (Hs / Hm / Hf), et les formes superposées, peuvent laisser supposer des changements écologiques récents, en cours et/ou passés. Les critères utilisés dans cette étude, pour attester la présence de modifications ou perturbations sont :

- trace de rupture minéralogique et/ou lithologique dans la forme d'humus, symbolisée par le paramètre du même nom utilisé dans les statistiques, qui met en évidence un apport avéré de minéral à un moment donné (ex. présence d'horizons A sur H ; présence de formes d'humus superposées, entrecoupées par des horizons minéraux) ;
- évidence de rupture fonctionnelle traduisant par exemple un changement de régime hydrique (An sur Ag ; A ou Ah sur Ag ou g). Ces cas-là montrent un régime hydrique allant vers une saturation avec fluctuations importantes selon les saisons (An sur Ag) ou un assèchement en surface (A ou Ah sur Ag ou g). Ceci se traduit par la présence d'horizons plus minéralisés en surface ;
- présence de successions d'horizons contraires aux règles générales, comme la présence d'horizons Hs au-dessus d'épais horizons Hf ou Hm, alors que normalement, les Hs doivent se situer en profondeur car ils sont plus dégradés (GOBAT *et al.*, 2010 ; CARRERA & BRODARD, 2014). Plus précisément, des horizons Hs plus secs situés en surface au-dessus d'horizons plus humides mais moins décomposés indiquent une dégradation en milieu oxique : ces cas peuvent représenter un assèchement en surface.

La présence de l'un de ces trois critères dans un profil laisse entrevoir des modifications en cours et/ou dans le passé : ces critères représentent des successions d'horizons témoignant d'une rupture illogique dans le fonctionnement du profil de la forme d'humus ainsi que sa morphologie.

Il n'existe aucun point zéro pour cette étude, que cela soit au temps de GALLANDAT en 1974, ou dans la littérature à propos de la morphologie et du fonctionnement de ces formes d'humus – et même des plus classiques, comme les HYDROFORMES ou les HISTOFORMES – dans les milieux hydromorphes. On ne peut donc pas savoir quand ces modifications écologiques ont eu lieu, mais simplement supposer que ces dernières ont eu lieu grâce aux critères cités. Dans cette étude, pour estimer si la modification a eu lieu récemment ou dans le passé, la position et l'épaisseur des horizons dans le profil a été utilisée : les traces de ruptures minéralogiques ou fonctionnelles, ou les horizons situés plus en profondeur, peuvent signifier que ces changements ont eu lieu, de façon relative, plus anciennement que ceux situés plus haut dans le profil (BAIZE & GIRARD, 2009). La présence d'horizons Hs en surface en dessous des horizons O peut peut-être se traduire par un assèchement en cours, puisqu'il semble continuer à l'heure actuelle. Par contre, dans le cas des formes d'humus superposées qui possèdent des ruptures en profondeur, les modifications ont vraisemblablement eu lieu dans un lointain passé (peut-être au Petit Age Glaciaire par exemple). Cependant, seules des études futures ou complémentaires seront nécessaires pour valider cette estimation, puisque cette étude pourrait être le point zéro.

Ci-dessous suit la présentation détaillée de chaque type de formes d'humus trouvé, en fonction de leurs caractéristiques, de leurs horizons typiques, de leur situation sur les sites d'étude ainsi que de leur fonctionnement. Tout ceci reste bien sûr basé sur les observations faites sur le terrain ainsi que sur les critères présentés ci-dessus. Des études futures ou complémentaires faites dans ces marais ou dans d'autres zones humides d'autres pays seront nécessaires pour valider ou non les types de formes d'humus hydromorphes

présentées ci-dessous ainsi que les résultats obtenus et les suppositions faites, notamment pour les modifications écologiques (assèchement en cours ou non, etc).

Tous les détails sur les sondages pédologiques et les formes d'humus associées sont dans les Annexes (A.5 et B.13). En ce qui concerne les différents schémas pédologiques présents dans les paragraphes ci-dessous, les légendes sont données en début de l'Annexe A.5.

TERROFORMES (TERROFORMS)

Dans cette étude (Figures 3.3.8 à 3.3.10), seuls des TERROMULLS (MULLS) ont été décrits dans ces TERROFORMES. Ce sont des formes d'humus caractérisées par une forte activité biologique, à la différence des TERROMODERS et des TERROMORS (ZANELLA *et al.*, 2011). Un sondage, situé à La Burtignière, est un MÉSOTERROMULL (MESOMULL). Trois profils, situés respectivement à Chapelle-des-Bois et à La Burtignière sont des OLIGOTERROMULLS (OLIGOMULLS). Deux profils, présents également à Chapelle-des-Bois ainsi qu'à La Burtignière sont des DYSTERROMULLS (DYSMULLS).

Théoriquement et conformément aux nombreux ouvrages sur les formes d'humus (TOUTAIN, 1981 ; JABIOL *et al.*, 2007 ; BAIZE & GIRARD, 2009 ; ZANELLA *et al.*, 2011), ces MULLS sont caractérisés par une dégradation et une intégration rapide et efficace de la matière organique fraîche à l'horizon organo-minéral, ceci grâce notamment aux conditions sèches, à une faune abondante et spécialisée (vers de terre anéciques et autres organismes de la macro- et de la mésofaune) ainsi qu'à une litière améliorante (JABIOL *et al.*, 2007 ; ZANELLA *et al.*, 2011). Ces formes d'humus sont caractérisées par un horizon A à structure mésogrumeleuse. Si celui-ci est calcaire ou calcique, les ions Ca^{2+} qu'il contient se lient à la matière organique et renforcent la stabilité du complexe argilo-humique et la structure grumeleuse de l'horizon organo-minéral (LEGROS, 2007 ; GOBAT *et al.*, 2010 ; GAUBERVILLE, 2011). Cette forme d'humus a donc un turnover très rapide de la matière organique : en effet, les éléments nutritifs contenus dans la litière sont rapidement et régulièrement libérés dans le sol et mis à disposition des plantes sous la forme de nutriments (JABIOL *et al.*, 2007).

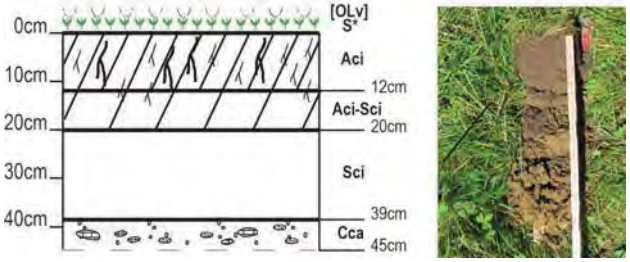
Parmi les TERROMULLS observés dans cette étude, sur une échelle de dégradation de la matière organique, celle-ci est plus efficace dans les MÉSOTERROMULLS, puis dans les OLIGOTERROMULLS et finalement dans les DYSTERROMULLS.

MÉSOTERROMULL (MESOMULL)

Cette forme d'humus (Tableau 3.3.15) a été décrite à La Burtignière, dans les zones sèches du pâturage en bas de pente au sud-ouest de la ferme de Praz-Rodet, en bordure d'un petit muret de pierres (Figure 3.3.8). Ce pâturage comporte également des zones très humides et très piétinées par le bétail, caractérisées par des touffes de joncs. Les zones sèches comportent une végétation à litière améliorante (graminées et dicotylédones, comme *Trifolium pratense* s.str., *Festuca pratensis* s.str. et *Polygonum bistorta*), avec beaucoup d'espèces de graminées typiques de prairies. La litière peu abondante et de type OLv en poches, ne contient aucun horizon de litière nouvelle. L'absence de cet horizon OLn peut être due au broutage et au passage du bétail. Par contre, la présence de cette vieille litière OLv traduit le fait qu'elle est moins vite dégradée que dans un EUTERROMULL (le type de MULL le plus effiace) notamment à cause du mycélium observé qui est moins efficace que la faune dans la dégradation. L'horizon A, calcique est grumeleux et très stable.

Tableau 3.3.15 : MÉSOTERROMULL selon ZANELLA et al. (2011) ou MESOMULL selon JABIOL et al. (2013) présent dans les sites étudiés.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Burtignière	**485**	[OLv] / Aci / Sci	2



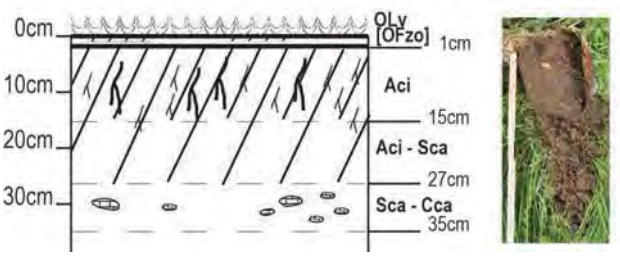
OLIGOTERROMULL (OLIGOMULL)

Cette forme d'humus (Tableau 3.3.16) a été observée à La Burtignière ainsi qu'à Chapelle-des-Bois, respectivement dans un pâturage à l'est de la ferme de Praz-Rodet (Figure 3.3.8) ainsi que dans les prairies à *Molinia caerulea* au nord des lacs de Bellefontaine et des Mortes (Figure 3.3.10). Un des profils à Chapelle-des-Bois (1601), est situé sur une petite butte morainique comportant un affleurement calcaire. Situés en légère pente dans des zones sèches, ces trois sondages sont caractérisés également par un horizon de litière OLv améliorante (dicotylédones et graminées comme *Succisa pratensis*, *Trollius europaeus* ou *Briza media*), présent en poches ou de façon continue, ainsi que par un horizon de fragmentation OFzo, présent en poches. Ces horizons indiquent que la décomposition de la litière est un peu ralentie par rapport aux MÉSOTERROMULLS. Etant donné que la litière est composée d'espèces plutôt améliorantes (GOBAT *et al.*, 2010)., ce ralentissement est probablement dû à une faune moins abondante, ou alors aux mousses présentes (notamment dans le sondage 1601) qui créent un petit microclimat humide et favorisent le développement de pourritures blanches en surface (JABIOL *et al.*, 2007). De même, ce qui est également et plus généralement valable pour tous les profils, on peut citer le microclimat particulier régnant en ces lieux (froid, hiver rigoureux et pluies intenses sur toute l'année) qui peuvent avoir une incidence sur la vitesse de la dégradation de la matière organique. Cependant, de manière générale, cette transformation de la litière en humus reste encore efficace grâce à la faune et notamment grâce aux nombreux vers anéciques observés. Ces derniers permettent alors la

formation d'un horizon A, calcaire ou calcique (pH = 6), grumeleux, signe d'une bonne intégration de la matière organique précédemment humifiée et donc d'une formation efficace du complexe argilo-humique.

Tableau 3.3.16 : OLIGOTERROMULLS selon ZANELLA et al. (2011) ou OLIGOMULLS selon JABIOL et al. (2013) présents dans les sites étudiés. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Chapelle-des-Bois	**1377**	OLv / [OFzo] / Aci / Aci – Sca	2
	1601	[OLv] / [OFzo] / Aca	4
Burtignière	1559	[OLv] / [OFzo] / Aca / Aca – Sca	2

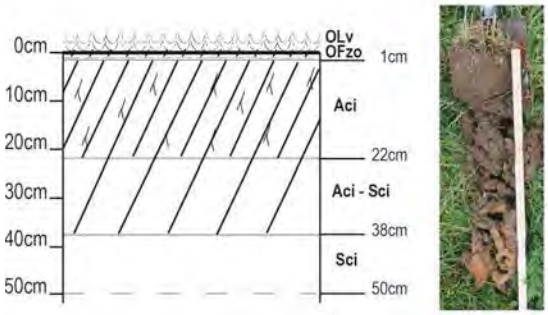


DYSTERROMULL (DYSMULL)

Cette forme d'humus (Tableau 3.3.17) a été observée à La Burtignière ainsi qu'à Chapelle-des-Bois dans de légères pentes, respectivement à proximité du pâturage à l'est de la ferme de Praz-Rodet et au nord de la tourbière (Figure 3.3.8), et dans une prairie fauchée au nord du lac des Mortes (Figure 3.3.10). Ces sondages sont caractérisés par un horizon de litière OLv ainsi que par un horizon de fragmentation OFzo continu relativement épais. L'horizon organo-minéral calcique, possède une structure toujours grumeleuse, preuve que l'activité biologique est encore efficace, notamment grâce aux nombreux vers anéciques observés. Cependant, étant donné que la litière est améliorante (beaucoup de dicotylédones et de graminées, comme *Caltha palustris*, *Cardamine pratensis* ou encore *Cynosurus cristatus* et *Briza media*) et que les mousses sont absentes en surface, l'activité de la faune ne peut être ralentie que par : premièrement, l'importante épaisseur de la litière, deuxièmement par les conditions un peu plus humides en surface de ces deux profils qui induisent l'apparition de pourriture blanche (ces conditions humides sont vérifiées par la végétation, et notamment par les espèces *Juncus inflexus* et *Caltha palustris*), et/ou troisièmement par une faune moins abondante (JABIOL *et al.*, 2007). Quelqu'en soit la raison, la matière organique fraîche de ces sondages est plus lentement dégradée et intégrée entièrement à l'horizon organo-minéral sous-jacent. Ce n'est d'ailleurs pas étonnant, car cette forme d'humus possède le moins bon fonctionnement de tous les TERROMULLS (MULLS) et est plus précisément en transition avec l'HÉMITERROMODER (HEMIMODER). Par rapport à ce dernier, l'intégration de la matière organique dans ce DYSTERROMULL est cependant complète, ce qui ne permet pas à la matière organique de s'accumuler et par conséquent de former un horizon d'humification OH comme c'est le cas dans l'HÉMITERROMODER (HEMIMODER), qui n'a pas été observé dans les sites d'étude.

Tableau 3.3.17 : DYSTERROMULLS selon ZANELLA et al. (2011) ou DYSMULLS selon JABIOL et al. (2013) présents dans les sites étudiés. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Burtignière	**597**	OLv / OFzo / Aci / Aci – Sci	2
Chapelle-des-Bois	58/89b	OLv / OFzo / Aci / Aci – Sca	2



HYDROFORMES (*Stagnic* TERROFORMS)

Dans les marais de cette étude, un seul HYDROMULL (*Stagnic* MULL selon JABIOL *et al.* (2013)) a été identifié, à Chapelle-des-Bois (Tableau 3.3.18 ; Figure 3.3.10).

Théoriquement et conformément à la littérature scientifiques sur les formes d'humus (TOUTAIN, 1981 ; JABIOL *et al.*, 2007 ; BAIZE & GIRARD, 2009 ; ZANELLA *et al.*, 2011), ces HYDROMULLS sont caractérisés par une hydromorphie variable selon les saisons et les taux de précipitations. En effet, ils sont soumis à de brèves périodes d'immersion (moins de six mois par an) et subissent uniquement des remontées d'eau par capillarité ou un rapide battement de nappe (JABIOL *et al.*, 2007 ; ZANELLA *et al.*, 2011). Ces conditions hydromorphes ralentissent l'activité de la faune, mais n'empêchent pas cette dernière de dégrader la matière organique et de l'incorporer à l'horizon organo-minéral hydromorphe, souvent grumeleux et contenant des traces d'oxydo-réduction, situé juste en dessous.

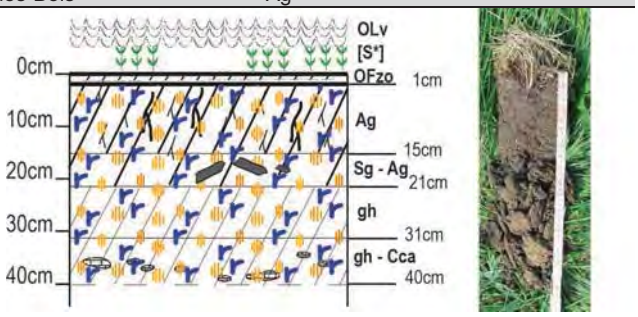
HYDROMULL (*Stagnic* DYSMULL)

Présente dans une légère pente dans une prairie à humidité variable au nord du lac des Mortes (Figure 3.3.10), cette forme d'humus est composée d'horizons OLv et OFzo reposant directement sur un horizon organo-minéral hydromorphe Ag (Tableau 3.3.18). Dans ce sondage, le petit tapis discontinu de mousses retient l'eau en surface, freinant l'activité de la faune. Ainsi, la dégradation de la litière est un peu ralentie, ce qui permet l'apparition d'horizons OLv et OF assez épais et présents de façon continue. Cependant, globalement, même si l'activité biologique de cette forme d'humus est un peu freinée par la présence d'eau, elle est bien assez efficace pour permettre l'intégration de la matière organique

transformée à l'horizon organo-minéral sous-jacent. Ce dernier (pH > 5) possède une structure mésogrumeleuse, preuve de la bonne intégration de la matière organique par les vers de terre et autres organismes.

Tableau 3.3.18 : HYDROMULL selon ZANELLA* et al. *(2011) ou* Stagnic *DYSMULL selon JABIOL* et al. *(2013) présent dans les sites étudiés.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Chapelle-des-Bois	**810**	OLv / OFzo / Ag / Sg – Ag	5



HYDROFORMES à tendance TERROFORMES (*Stagnic* TERROFORMS (*Drying up at the surface*))

Des autres formes d'humus intermédiaires aux HYDROFORMES et aux TERROFORMES ont également été trouvées dans cette étude (Figures 3.3.8 à 3.3.10).
Etant donné que ce cas ne figurait ni dans la clé de détermination de ZANELLA *et al.* (2011) ni dans celle de JABIOL *et al.* (2013), ces formes d'humus ont été nommées HYDROFORMES à tendance TERROFORMES (*Stagnic* TERROFORMS (*Drying up at the surface*)), traduisant ainsi une surface assez aérée et non soumise à l'engorgement comme les TERROFORMES, suivie d'une zone pouvant être temporairement saturée en eau comme les HYDROFORMES (Tableaux 3.3.19 à 3.3.22 ; Figures 3.3.8 à 3.3.10). Ces formes n'ont pas été nommées TERROFORMES à tendance HYDORFORMES comme le voudrait la logique (en regardant un profil du haut en bas), ceci pour mettre en évidence le fonctionnement propre du sol entier qui est très intimement lié au facteur eau : cette eau, caractéristique dans les HYDROFORMES n'arrive pas ou plus jusqu'en surface, et c'est cette absence qui permet la formation d'une TERROFORME en surface. Selon la clé européenne (JABIOL *et al.*, 2013), ces formes d'humus peuvent être englobées, comme pour les HYDROFORMES dans les formes terrestres hydromorphes, soit les *Stagnic* MULLS ou *Stagnic* MODERS ou *Stagnic* MORS. En effet, cette clé est moins restrictive sur le fait que les horizons organo-minéraux doivent être présents directement en dessous des horizons holorganiques. Il suffit d'avoir dans le profil un horizon g ou –g pour y être classé. Par contre, ceci ne permet pas de distinguer cette surface plus sèche détectée par la nomenclature de ZANELLA *et al.* (2011) et par les successions d'horizons puisque la forme d'humus possède le même nom qu'une HYDROFORME (*Stagnic* TERROFORM) classique. D'où dans cette étude, l'appelation créée pour la clé de JABIOL *et al.* (2013) : *Stagnic* TERROFORMS (*Drying up at the surface*).

Les horizons holorganiques O reposent donc directement sur un horizon organo-minéral non hydromorphe (de type A, Aca ou Ah), qui lui-même repose soit sur un autre horizon organo-minéral hydromorphe (Ag, Acag), et/ou sur une transition entre un horizon organo-minéral et un horizon minéral réductique (Aca – Go, Ah – Gr) ou une transition entre un horizon organo-minéral et un horizon minéral rédoxique (Acih – g, g – Aca, Acah – g), et/ou sur un horizon minéral rédoxique (g) ou réductique (G), et/ou ou un autre horizon présentant des traces d'hydromorphie (Ccag, Scag).

De manière générale, grâce aux conditions aérées qui règnent en surface, la matière organique fraîche est rapidement transformée et intégrée à l'horizon organo-minéral sous-jacent non hydromorphe, grumeleux et plutôt basique (pH situé entre 5 et 7). Dans les sondages possédant un horizon organo-minéral A simple, le turnover de la matière organique est plutôt rapide et les nutriments qui en découlent sont efficacement mis à disposition des plantes (JABIOL *et al.*, 2007). Cependant, dans les profils possédant un horizon organo-minéral calcaire (Aca), calcique (Aci) ou humifère (Ah), ce turnover est un peu moins efficace, notamment à cause de la présence respective de conditions humides ou d'ions Ca^{2+} libres qui protègent le complexe argilo-humique (LEGROS, 2007 ; GOBAT *et al.*, 2010 ; GAUBERVILLE, 2011). Ainsi, la richesse en matière organique observée dans beaucoup de profils est causée par, premièrement, l'abondance en ions Ca^{2+} qui bloquent la minéralisation secondaire et provoquent l'accumulation de cette matière organique (JABIOL *et al.*, 2007). Deuxièmement, cette abondance en matière organique peut également provenir de remontées d'eau (par capillarité ou en cas de nappe temporaire) jusque dans cet horizon lors de pluies importantes, réduisant l'abondance de la faune minéralisatrice et ralentissant son activité, et donc la décomposition optimale de cette matière. Et enfin, cette matière humifère peut être simplement due, pour des raisons stochastiques, à une plus faible abondance et proportion d'organismes décomposeurs à ces endroits.

Parmi ces formes d'humus présentes dans cette étude, on retrouve des HYDROMULLS à tendance TERROMULLS ainsi que des HYDROMODERS à tendance TERROMODERS. Les types HYDROMODERS sont sujets à des engorgements un peu plus fréquents et sont plus acides que les HYDROMULLS (ZANELLA *et al.*, 2011). Cette acidité ralentit l'activité des vers anéciques, qui sont entre autres responsables d'une décomposition très rapide et efficace de la litière, d'un transfert efficace de cette matière organique vers la profondeur du sol et d'une structuration grumeleuse et stable de l'horizon A (JABIOL *et al.*, 2007).

HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL (*Stagnic* MESOMULL (*Drying up at the surface*))

Les HYDROMULLS à tendance MÉSOTERROMULLS, au nombre de six, ont été observés dans cette étude (Figures 3.3.8 à 3.3.10). Quatre des six sondages comportant cette forme d'humus sont majoritairement situés dans des

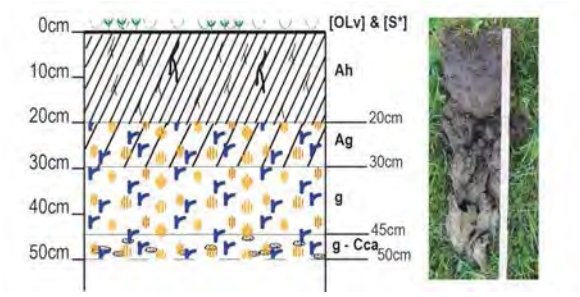
pentes, et donc dans des zones de ruissellement (Chapelle-des-Bois : 1376, 1109, 5789 ; Sentier : 1665).
Ces profils contiennent tous en surface un horizon holorganique de litière (OL) très peu épais et le plus souvent discontinu (Tableau 3.3.19).

A Chapelle-des-Bois (Figure 3.3.10), l'eau qui arrive à s'infiltrer dans les profils forme une nappe perchée dans les profondeurs qui n'atteint jamais la surface du sol. Dans le sondage 5789, la litière peu abondante à cause de la fauche avec évacuation de la litière, est rapidement transformée et intégrée à l'horizon A. Cependant, l'eau présente dans les horizons en dessous remonte un peu par capillarité pour atteindre l'horizon Ah, ralentissant l'activité de la faune. La matière organique humifiée n'est alors que très lentement transformée lors de la minéralisation secondaire, et peut ainsi s'accumuler dans l'horizon A.
Au Sentier, la nappe du bas-marais situé à proximité fluctue et remonte dans le profil, mais n'atteint jamais la surface du sol, ceci car ce sondage se situe dans une petite pente et en position surélevée par rapport au bas-marais (probablement un cordon morainique, qui entoure la prairie fauchée sur la butte à proximité ; Figure 3.3.9).
A La Burtignière, le sondage 563, situé directement en bordure d'un haut-marais (Figure 3.3.8), est complètement isolé de la nappe de ce dernier. Seules les eaux de pluie peuvent s'y infiltrer et former au contact des gros cailloux calcaires présents en dessous une petite nappe perchée, qui n'atteint jamais la surface.
Le profil 488 est situé dans un pâturage piétiné contenant de nombreuses touffes de joncs et de trous remplis d'eau (Figure 3.3.8). L'eau provenant de la nappe peu fluctuante de l'Orbe, sature de façon permanente le profil jusqu'à environ 30 cm, mais sans atteindre la surface, car l'endroit du sondage se situe, notamment entre les trous, sur une « butte ». Au contraire, cette nappe affleure à la surface dans les trous de vaches. Ce profil, tout comme le 5789, possède un horizon Ah en dessus d'un horizon Ag, synonyme que l'eau ralentit la dégradation de la matière organique, et notamment la minéralisation secondaire.

Dans les profils possédant un horizon Aca et non pas un Acah (notamment 1376 et 563), les ions Ca^{2+} ne sont probablement pas encore tous libérés pour permettre un blocage de la minéralisation secondaire et donc la formation d'un horizon Aca très humifère.

Tableau 3.3.19 : HYDROMULLS à tendance MÉSOTERROMULLS selon ZANELLA* et al. *(2011) ou* Stagnic *MESOMULLS (*Drying up at the surface*) selon JABIOL* et al. *(2013) présents dans les sites étudiés. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Chapelle-des-Bois	1376	[OLv] / Aca / Sca – g	4
	1109	[OLv] / A / Ag – S / g	2
	5789	[OLv] / Ah / Ag	1
Sentier	1665	OLv / Aca / Aca – Go	2
Burtignière	488	[OLv] / Ah / Ah – Gr	2
	563	[OLv] / Aca / Acag	4



HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL (*Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*))
Les HYDROMULLS à tendance OLIGOTERROMULLS, observés au nombre de 21 dans cette étude, (Figures 3.3.8 à 3.3.10 ; Tableau 3.3.20), contiennent tous en surface un horizon holorganique fragmenté (OF) discontinu, présent en dessous d'un horizon de litière OL. Parfois, ce dernier est absent ou est présent de façon discontinue.
De manière générale, la transformation en surface de la litière est relativement efficace, mais l'est un peu moins que dans les HYDROMULLS à tendance MÉSOTERROMULLS, probablement parce que les décomposeurs y sont un peu moins abondants. De plus, les mousses présentes en surface, et parfois en assez grandes quantités, peuvent ralentir cette dégradation en captant l'eau de pluie et en la gardant dans cet horizon, créant ainsi un microclimat humide. De plus, il est probable que la présence de ces mousses puisse contenir le réchauffement du sol par le rayonnement solaire, et par conséquent limiter l'évapotranspiration.

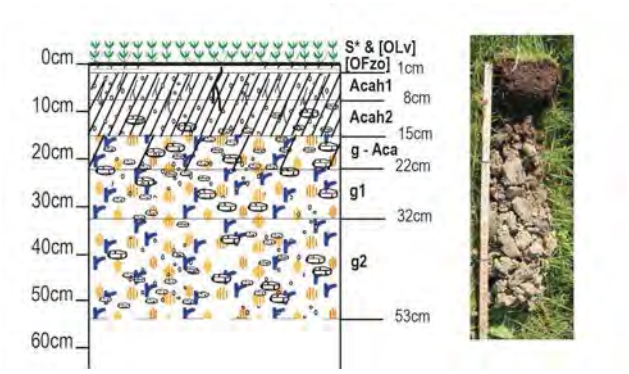
Cinq sondages sont situés à Chapelle-des-Bois (Tableau 3.3.20 ; Figure 3.3.10), dans des prairies à humidité variable du *Molinion* (fauchées ou non) et situées en légère pente (809, 1090, 1497, 1095, 1115). Ils sont situés en bordure nord (809, 1090, 1095 et 1115) et sud (1497) des lacs des Mortes et de Bellefontaine. Ils sont composés majoritairement d'un horizon OLv (continu ou discontinu) reposant sur un horizon de fragmentation OF puis d'un horizon organo-minéral riche en matière organique (Ah). Dans ces cas, lors de grandes pluies, les nappes temporaires atteignent le premier horizon et provoquent une réduction de l'activité de la faune, et donc par conséquent une accumulation de matière organique.

Les sondages au Sentier (Tableau 3.3.20 ; Figure 3.3.9) reposent quasiment tous sur un substrat calcaire (par exemple de la craie lacustre) et sont présents en bas de pente dans des prairies et pâturages situés en bordure d'un petit sentier (1297, 1397, 1670 et 1296), ainsi que dans des prairies à humidité variable et des bas-marais (1669, 1393, 1660).

A La Burtignière (Tableau 3.3.20 ; Figure 3.3.8), les sondages ont été décrits à la Combe des Mines dans une zone de tourbières et d'ourlets forestiers (1511, 1512, 1513), ainsi qu'en bordure de l'Orbe (534, 576, 587, 593). Les horizons de litière reposent sur un horizon de fragmentation OF, puis majoritairement sur un horizon Ah. Dans ces profils, il semble donc que la transformation de la litière et son intégration à l'horizon A soit un peu ralentie par l'eau provenant des précipitations et/ou de la nappe temporaire ou permanente de l'Orbe ou de la tourbière de la Combe des Mines, favorisant ainsi l'accumulation de la matière organique dans l'horizon organo-minéral.

Tableau 3.3.20 : HYDROMULLS à tendance OLIGOTERROMULLS selon ZANELLA* et al. *(2011) ou* Stagnic *OLIGOMULLS (*Drying up at the surface*) selon JABIOL* et al. *(2013) présents dans les sites étudiés. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Sentier	699	[OFzo] / Aca / Aca – Go	1
	1669	[OLv] / [OFzo] / Acah / g – Aca	1
	1297	[OLv] / [OFzo] / Acah / g	4
	1393	[OLv] / [OFzo] / Acah / Acah – g	4
	1397	[OLv] / [OFzo] / Acih / g	4
	1660	OLv / [OFzo] / Acih / Acih – g	4
	1670, 1296	[OLv] / [OFzo] / Ah / g	5
Chapelle-des-Bois	809	[OLv] / [OFzo] / Ah / Sg – Ag	1
	1090	[OLv] / [OFzo] / A / Ag / g	1
	1497	[OLv] / [OFzo] / Ah / Ag – Sg	1
	1095	OLv / [OFzo] / Aci / Acag	2
	1115	OLv / [OFzo] / Ah / g	5
Burtignière	1513	OLv / [OFzo] / A / g	2
	1511	[OLv] / [OFzo] / A / Go – A	1
	1574	[OLv] / [OFzo] / Ah / Ag / Gr	1
	534	OLv/ [OFzo] / A / g / II Hm & Hs / III Gr	2
	587	OLv / [OFzo] / Acih / Acig / g	5
	593	OLv / [OFzo] / Ah / g	5
	1512	[OLv] / [OFzo] / Ah / g	5
	576	OLv / [OFzo] / Ah / Ag	1



HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL (*Stagnic* DYSMULL (*Drying up at the surface*))

Les HYDROMULLS à tendance DYSTERROMULLS, détectés au nombre de 16 dans les sites d'étude, (Figures 3.3.8 à 3.3.10 ; Tableau 3.3.21), contiennent tous un horizon de fragmentation OF continu, signe que la faune est moins abondante et qu'elle est moins efficace que dans la forme d'humus précédente dans la dégradation des litières. Celles-ci sont par ailleurs améliorantes et plus abondantes que précédemment (Tableau 3.3.21 ; espèces dicotylédones comme *Succisa pratensis* ou *Vicia cracca* s.str., et graminées comme *Festuca rubra* aggr.). Ces conditions, en plus de l'humidité un peu plus présente, notamment à cause des mousses en surface encore plus abondantes qui retiennent l'eau de pluie, ralentissent périodiquement la dégradation de la litière et l'intégration de la matière organique humifiée qui en découle dans l'horizon A sous-jacent non hydromorphe.

Trois sondages ont été décrits en bordure des lacs à Chapelle-des-Bois (Figure 3.3.10 ; Tableau 3.3.21), dans des zones de prairies humides à humidité variable non fauchées (1496, 1110 et 1118). La litière y est assez abondante et se dégrade plus lentement que précédemment, notamment à cause de la présence d'eau retenue par les mousses.

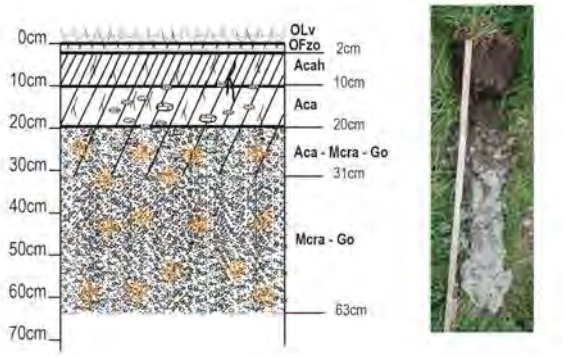
Au Sentier (Figure 3.3.9 ; Tableau 3.3.21), les profils ont été observés dans des zones non exploitées en bordure du lac (1224, 1668), dans des prairies à humidité variable non fauchées (1395, 1398, 1392, 1394), dans un bas-marais (1352) ainsi qu'en bordure du petit sentier et d'une prairie fauchée (1659). Comme ils sont tous situés sur du substrat calcaire (craie lacustre pour la plupart), ils contenaient tous à un moment donné des carbonates, ce qui se traduit par un horizon organo-minéral riche en matière humifiée.

A La Burtignière (Figure 3.3.8 ; Tableau 3.3.21), les cinq sondages sont situés en bordure de l'Orbe (562, 570), en bordure de bas-marais entourant un haut-marais (1565), de saules (1724) ou d'un pâturage (1570). La litière y est également abondante car elle n'est pas exploitée par l'agriculture et a de la peine à être dégradée du fait des conditions plus humides et plus acides observées. Ainsi, une fois intégrée dans l'horizon A, cette matière organique s'accumule, d'où la présence d'horizon Ah ou Acih. Dans le sondage 1724, caractérisé par des conditions plus

humides, la nappe permanente du ruisseau remonte dans le profil et influence également le processus de minéralisation secondaire. De même, dans les zones en bordure de l'Orbe et de bas-marais entourant des hauts-marais (562 et 1565), l'activité et l'abondance de la faune est également ralentie et réduite par l'eau présente en dessous. Dans l'autre zone en bordure de l'Orbe (570), les ions Ca^{2+} libres présents dans l'horizon Aci permettent une accumulation de la matière humifiée dans cet horizon.

Tableau 3.3.21 : HYDROMULLS à tendance DYSTERROMULLS selon ZANELLA* et al. *(2011) ou* Stagnic *DYSMULLS (*Drying up at the surface*) selon JABIOL* et al. *(2013) présents dans les sites d'étude. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Sentier	1224	OLv / OFzo / Aca / Aca – G	1
	1352	OLv / OFzo / Aca / Aca – Ccra / Ccra – Go	1
	1668	[OLv] / OFzo / Acih / Aci / Ccag – Aca	1
	1395	OLv / OFzo / Acah / Aca – Go	2
	1398	OLv / OFzo / Aca / Ccag	2
	1392, 1394	OLv / OFzo / Acih / Acah – Ccag	4
	1659	[OLv] / OFzo / Acih / g	1
Chapelle-des-Bois	1496	[OLv] / OFzo / A / Ag / g	5
	1110	OLv / OFzo / Aci / Acag	4
	1118	[OLv] / OFzo / Aci / Scag	2
Burtignière	562, 1565	OLv / OFzo / Ah / Ag / g	5
	1570	OLv / OFzo / Aca / Acag / g / g – Hs	1
	1724	[OLv] / OFzo / Ah / Ah – Gr	1
	570	OLv / OFzo / Acih / Acag	4



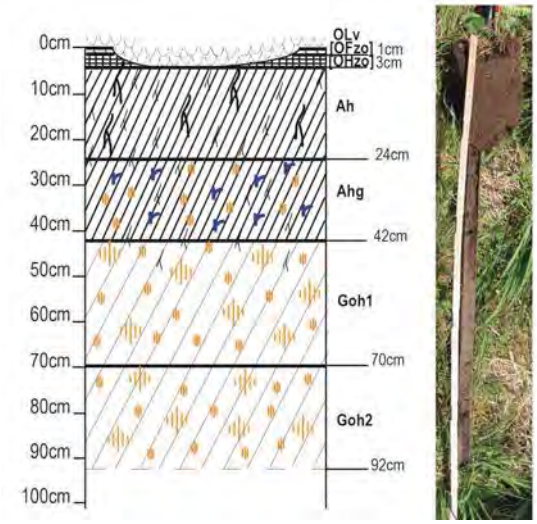
HYDROMODER à tendance HÉMITERROMODER (*Stagnic* HEMIMODER (*Drying up at the surface*))

L'unique forme d'humus de ce type a été décrite à La Burtignière en bordure directe de l'Orbe (profil 529 ; Figure 3.3.8 ; Tableau 3.3.22). Elle est caractérisée par un horizon continu de litière OLv, un horizon discontinu de fragmentation OF, et un autre d'humification OH (Tableau 3.3.22). Ce dernier horizon repose sur un horizon organo-minéral riche en matière organique et grumeleux Ah.

Ce sondage est directement en contact avec les nappes permanente et fluctuante de la tourbière et de l'Orbe qui remontent lors des pluies jusque dans le deuxième horizon A (Ahg). De plus, les mousses y sont très abondantes et la zone est assez acide. La litière très abondante et composée notamment de grands *Carex*, est plutôt difficile à dégrader. Ces conditions font que la dégradation de la litière est moins bonne que dans les formes d'humus précédentes. Par ailleurs, additionné à cela, l'acidité de la zone, plus importante ici que la quantité d'eau, ralentit l'intégration de la matière organique à l'horizon organo-minéral. Cette acidité empêche la présence des vers anéciques, responsables d'une décomposition très rapide et efficace de la litière, ainsi que d'un transfert efficace de cette matière organique vers la profondeur du sol. De ce fait, la matière organique s'accumule donc entre l'horizon OF et A pour former un petit horizon d'humification (OH). Par contre, la présence de cet horizon en poche ainsi que la structure grumeleuse de l'horizon Ah traduisent le fait que l'intégration de la matière organique dans cet horizon est quand même présente, notamment grâce aux nombreux vers endogés observés.

Tableau 3.3.22 : HYDROMODER à tendance HÉMITERROMODER selon ZANELLA* et al. *(2011) ou* Stagnic *HEMIMODER (*Drying up at the surface*) selon JABIOL* et al. *(2013) présent dans les sites d'étude.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Burtignière	**529**	OLv / [OFzo] / [OHzo] / Ah / Ahg	5



HISTOFORMES (HISTOFORMS)

Dans les marais étudiés (Figures 3.3.8 à 3.3.10), des EUHISTOANMOORS, des HISTOAMPHIS, des HISTOMODERS ainsi que des HISTOMORS ont été trouvés (ordre allant du moins saturé en eau au plus saturé, et donc possédant une matière organique allant de la plus décomposée à la moins décomposée ; Tableaux 3.3.23 à 3.3.31).

Par ailleurs, une nouvelle catégorie de forme d'humus a été créée car elle ne correspondait en rien aux clés de détermination existantes. Elle possède des horizons histiques très fibreux dominants (Hf ; tourbe en

croissance ; GOBAT *et al.*, 2010), surmontés d'horizons histiques mésiques (Hm ; décomposition moyenne ; tourbe stable ; GOBAT *et al.*, 2010) et, en surface, d'horizons histiques sapriques très humifiés et assez secs par rapport aux autres horizons (Hs ; décomposition forte ; tourbe en décomposition ; GOBAT *et al.*, 2010). Afin de mettre en évidence cette humification en surface en conditions oxiques (dégradation de la matière tourbeuse par la faune ou des micro-organismes aérobies, Hszo, Hsl ou Hsnoz), probablement due à un assèchement, cette nouvelle forme d'humus a été nommée « HISTOFORME avec tendance à l'assèchement en surface » selon les règles de nomenclature de ZANELLA *et al.* (2011). Selon la clé de JABIOL *et al.* (2013), cette dernière forme d'humus a été nommée HISTOFORM avec le qualificatif *Drying up at the surface* entre parenthèse à la suite. L'ajout de *Drying up at the surface* entre parenthèse a été fait pour mettre en évidence cette présence d'horizons plus secs et donc plus décomposés en surface.

Théoriquement et conformément à de nombreux ouvrages sur les formes d'humus (TOUTAIN, 1981 ; JABIOL *et al.*, 2007 ; BAIZE & GIRARD, 2009 ; ZANELLA *et al.*, 2011), les HISTOFORMES sont des formes d'humus semi-terrestres se formant dans des milieux humides saturés en eau pendant plus de six mois par an (ZANELLA *et al.*, 2011). Ces conditions de saturation en eau permanentes depuis la surface créent des conditions anoxiques qui empêchent toute vie et activité animale et fongique (JABIOL *et al.*, 2007). La litière et la matière organique ne peut pas être décomposée, ou que très lentement par des bactéries anaérobies. De ce fait, cette matière organique non dégradée s'accumule pour former des couches plus ou moins décomposées et composées de débris végétaux plus ou moins reconnaissables, empilées les unes sur les autres. Ces couches composées d'horizons entièrement organiques forment un ensemble appelé « tourbe ».

EUHISTOANMOOR (EUANMOOR)

Cette forme d'humus est caractérisée par un horizon organo-minéral particulier, l'horizon organo-minéral à anmoor (An). De manière générale, l'horizon d'anmoor se développe dans des conditions d'anoxie non permanentes, donc dans des zones possédant une nappe fluctuante selon les saisons et notamment en été. La surface subit ainsi des conditions anoxiques et oxiques. L'horizon An typique de cette forme d'humus est un horizon noir assez épais et riche en matière organique. Lors de l'abaissement de la nappe, la matière organique est bien humifiée par la faune aérobie abondante (vers de terre et autres) et est très bien mélangée aux particules minérales comme l'argile. Il en résulte une structure grumeleuse lors de ces périodes d'abaissement de la nappe. Cependant, cette structure, instable, est rapidement détruite lors du retour de la nappe. Ainsi, en période d'engorgement, la forte proportion d'argile et de matière organique humifée provoque la formation d'une structure massive, collante et très foncée.

Cette forme d'humus est la deuxième forme d'humus la plus abondante et est présente dans les trois sites, dans des situations très variées (Figures 3.3.8 à 3.3.10 ; Tableau 3.3.23). Elle se retrouve dans des zones en pente, en bordure ou à l'intérieur de bas-marais entourant des hauts-marais, en bordure de lacs, de l'Orbe ou de pâturages, ainsi que dans des bas-marais proches de ruisseaux et dans des pâturages. Concernant ses horizons, cet anmoor se forme au-dessus d'un horizon rédoxique (g ; présent dans le site d'étude dans les sols de type RÉDOXISOLS), d'un horizon réductique (Gr ou Go ; présent dans les RÉDUCTISOLS TYPIQUES et RÉDUCTISOLS STAGNIQUES), d'un horizon histique (H ; présent dans les histosols et RÉDOXISOLS), ou d'un horizon minéral calcaire hydromorphe (Ccag ; RENDISOL - RÉDOXISOL), indiquant que les sols sont enrichis en matière organique humifiée (GOBAT *et al.*, 2010 ; Tableau 3.3.23). En surface, certains profils contiennent des mousses : un sondage contient des sphaignes (1646). La présence de ces mousses est le signe de conditions humides périodiques et permanentes.

Cet horizon An au-dessus d'horizons réductiques G (Tableau 3.3.23), plus précisément dans les RÉDUCTISOLS TYPIQUES, indique que la surface du sol (et donc de la forme d'humus) est saturée périodiquement par une nappe d'eau permanente provenant des profondeurs, notamment du lac au Sentier (508, présent dans une cuvette ; Figure 3.3.9) et à Chapelle-des-Bois (1106 ; Figures 3.3.10 et 3.3.11), ainsi que de l'Orbe et/ou de bas- entourant des hauts-marais à La Burtignière (497, 525 ; Figure 3.3.8). Cette nappe permanente fluctue selon les saisons, créant des successions de conditions oxiques et anoxiques, permettant par conséquent la formation de cet horizon particulier. Dans les RÉDUCTISOLS STAGNIQUES (520 et 589 à La Burtignière ; Figure 3.3.8), la nappe permanente est perchée, c'est-à-dire qu'elle est située dans les premiers horizons jusqu'à l'horizon Gr. Les conditions réductrices disparaissent en dessous (MEDDE GIS SOL., 2013). D'origine pluviale (520) ou provenant d'apports latéraux comme un ruisseau (589), cette nappe fluctue selon les quantités d'arrivées d'eau. L'alternance des conditions anoxiques et oxiques que cette nappe fournit permet par conséquent la formation de cet horizon An particulier.

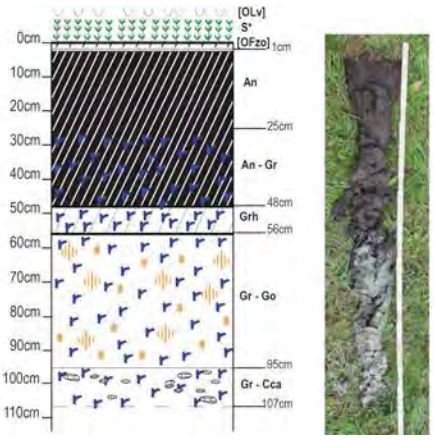


Figure 3.3.11 : Schéma pédologique du sondage 1106.

La présence de cet horizon An sur un ou des horizons histiques (Tableau 3.3.23), dans des histosols ainsi que dans des RÉDOXISOLS, est un peu particulière. Comme cet horizon a besoin de matière minérale pour se former, il ne peut pas provenir directement de la minéralisation de l'horizon histique sous-jacent en période d'assèchement (GOBAT, comm. pers). Il y a donc forcément eu un apport minéral au-dessus de l'horizon histique, qui ajouté à la matière organique humifiée par les vers de terre en conditions sèches, a permis la formation de l'horizon organo-minéral. Ensuite, l'alternance de conditions sèches et de conditions humides a permis le développement d'un horizon A à anmoor.

Les premiers cas, concernant les histosols, sont rencontrés à Chapelle-des-Bois ainsi qu'à La Burtignière, à l'intérieur ou en bordure de bas-marais entourant des hauts-marais (1498, 12/88a, 1642, 526 ; Figures 3.3.8 et 3.3.10 et 3.3.12), dans un pâturage en bordure de route (1571 ; Figure 3.3.8), et au bord de l'Orbe (526 ; Figure 3.3.8). Tout d'abord, l'apport de minéral qui s'est produit vraisemblablement dans le passé sur la succession d'horizons histiques, provient de ruissellement, de crues, ou du bétail. En effet, on peut supposer que le bétail, par le piétinement, joue un rôle important puisqu'en parcourant des zones, il a apporté par ses sabots du minéral directement depuis d'autres endroits pour les déposer dans les trous qu'il laisse dans la tourbe. Cet apport de particules minérales a eu pour conséquence d'augmenter un peu le pH pour le rendre un peu moins acide, et de permettre la formation d'un horizon organo-minéral. En effet, la nappe de la tourbière ou de l'Orbe fluctue selon les saisons : en été, cette nappe s'abaisse. Les conditions plutôt sèches qui en résultent, additionnées aux conditions un peu moins acides dues aux particules minérales, ont permis à la faune de s'activer, dégradant la litière et l'humifiant. Cette faune a ainsi pu lier cette matière organique humifiée aux particules minérales. Le retour de la nappe a ensuite provoqué une asphyxie du profil et donc l'arrêt de l'activité biologique. La matière organique précédemment humifiée s'accumule dans l'horizon organo-minéral nouvellement formé : l'horizon An est ainsi né !

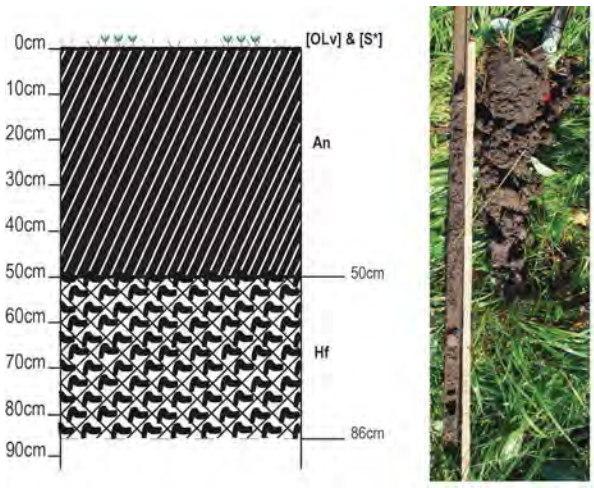


Figure 3.3.12 : Schéma pédologique du sondage 1498.

Le deuxième cas est uniquement présent à La Burtignière (Tableau 3.3.23 ; Figure 3.3.8). Il concerne des RÉDOXISOLS possédant un horizon à anmoor reposant sur un horizon histique, qui lui-même se trouve au-dessus d'un horizon rédoxique typique de nappe temporaire. Ces sondages sont situés en pente ou en bas de pente (1514 ; Figures 3.3.8 et 3.3.13), en bordure ou dans des pâturages (487, 1514 ; Figure 3.3.8), ainsi qu'en bordure de l'Orbe et/ou de bas-marais entourant des hauts-marais (577, 1573 ; Figure 3.3.8) ou de petits ruisseaux (567, 1514 ; Figure 3.3.8), bref dans des zones calmes dans lesquelles la stagnation de l'eau de la nappe temporaire à été possible durant une bonne période, permettant ainsi la formation d'un horizon histique en dessus. Puis, des particules minérales arrivées comme précédemment (par le ruissellement, et par le bétail), mais aussi par le débordement des ruisseaux et de l'Orbe, ont été déposées sur cet horizon histique. Cet apport de particules minérales a eu pour conséquence, ici aussi, de rendre le pH un peu moins acide et de permettre la formation d'un horizon organo-minéral. En effet, comme ces formes d'humus possèdent un horizon rédoxique (g), elles sont soumises à des nappes temporaires provenant des pluies, de la fonte des neiges, mais aussi du ruissellement et des débordements de ruisseaux et de l'Orbe. Ainsi, selon les quantités et les fréquences des arrivées d'eau, le niveau de cette nappe temporaire fluctue. Lors de grandes quantités d'eau, cette nappe atteint la surface du sol et, inversement, elle s'abaisse lors de basses eaux. Dans ces conditions plus sèches, l'activité de la faune est très importante : la litière abondante et améliorante en surface (nombreuses dicotylédones comme *Caltha palustris* ou *Chaerophyllum villarsii*) est alors assez rapidement dégradée, humifiée et intégrée aux particules minérales, formant ainsi un horizon organo-minéral. Les conditions humides ralentissent la dégradation de la matière organique et détruisent la structure grumeleuse de l'horizon organo-minéral. La matière organique humifiée s'accumule alors, sans pouvoir se minéraliser, à cause de l'absence de la faune, formant un horizon à anmoor.

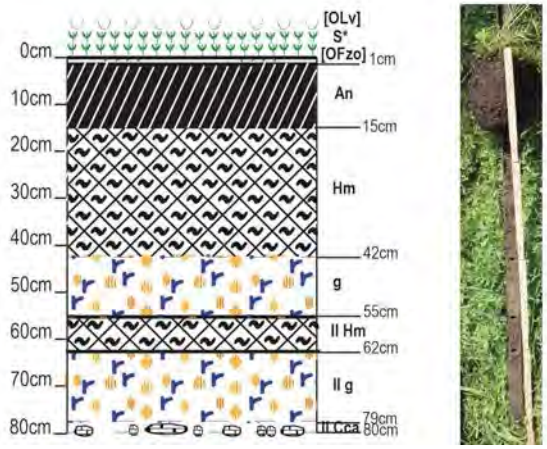


Figure 3.3.13 : Schéma pédologique du sondage 1514.

Un horizon d'anmoor se développant directement sur un horizon rédoxique (g), donc dans les RÉDOXISOLS, indique que la nappe temporaire est présente périodiquement jusqu'à la surface (Tableau 3.3.23). Dans les sites étudiés, ces sols possédant cette forme d'humus se trouvent notamment en pente ou en bas de pente (Chapelle-des-Bois : 804, 1114 ; Figure 3.3.10), dans des bas-marais (Sentier : 698, 507 ; Figure 3.3.9), en bordure ou dans des pâturages (Sentier : 1568 ; Burtignière : 1644, 1727 ; Figures 3.3.8 à 3.3.9), ainsi qu'en bordure de l'Orbe et/ou à l'intérieur ou en bordure de bas-marais entourant des hauts-marais (Burtignière : 498, 571, 578, 1716, 1509, 1646 ; Figure 3.3.8) ou de petits ruisseaux (1723 ; Figure 3.3.8). En plus de pluie, ils sont donc soumis à des eaux plus basiques provenant du ruissellement mais aussi aux débordements des petits ruisseaux et/ou de l'Orbe. Cette dernière semble sortir de son lit tous les 50 ans environ (selon map.geoadmin.ch). De plus, la fonte des neiges importante au printemps est également une source d'eau et de minéraux pour la formation de cet horizon An. Par ailleurs, l'horizon rédoxique (g) étant de nature plutôt argileuse dans la majorité des sondages, il forme un plancher imperméable et permet par conséquent à l'eau de rester dans les horizons supérieurs. Ainsi, selon les quantités et les fréquences des arrivées d'eau, le niveau de cette nappe fluctue. Elle atteint fréquemment les horizons de surface lors de grandes quantités d'eau saturant l'horizon de mousses ou de sphaignes (1646 ; Figure 3.3.14), et resdescend en périodes plus sèches. Le retour aux conditions plus humides retardent le processus de dégradation et permettent la formation d'un horizon à anmoor.

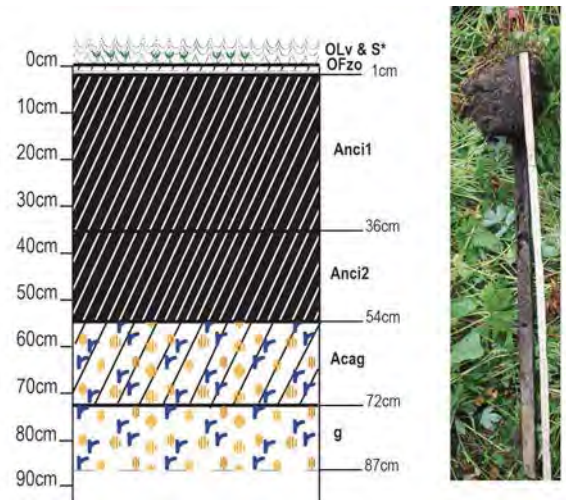


Figure 3.3.14 : Schéma pédologique du sondage 1646.

HUMIHISTOAMPHI (HUMIAMPHI)

L'unique forme d'humus de ce type, observée dans cette étude sur le site de La Burtignière (sondage 495) en bordure de hauts-marais dans un endroit plutôt oligotrophe (Figure 3.3.8), est caractérisée par une dominance d'horizons histiques sapriques zoogènes (Hszo) avec des horizons histiques Hm (Tableau 3.3.24). Cette forme d'humus, plutôt caractérisée par des conditions acides (pH = 5) et humides, possède un double

Tableau 3.3.23 : EUHISTOANMOORS selon ZANELLA et al. (2011) ou EUANMOORS selon JABIOL et al. (2013) présents dans les sites étudiés. Le sondage en gras est représenté par les photos et les schémas ci-dessous.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Sentier	698	[OLv] / OFzo / Anci / Anci – Mcra & g	3
	1568	[OLv] / OFzo / Anci / g	3
	507	[OLv] / Anci / Anci – g	3
	508	[OLv] / Anci / Anca – Go	4
Chapelle-des-Bois	**1106**	[OLv] / [OFzo] / An / An – Gr	3
	1114	[OLv] / [OFzo] / An / g	3
	1498	[OLv] / An / Hf	3
	12/88a	[OLv] / [OFnoz] / An / Hm	6
	1117	OLv / OFzo / Anci / Anci – Ccag	4
	804	[OLv] / [OFzo] / An / An – gh	5
Burtignière	1727	[OFzo] / An / Ag / g	3
	1642	OLv / OFzo / Anci / Hsl	3
	520	OLv / An / An – Gr	3
	571	OLv / OFzo / An / g & Hs	3
	1509, 1716, 1723	OLv / OFzo / An / g	3
	1644	[OLv] / OFzo / Anci / Acig	3
	1646	[OLv] / OFzo / Anci / Acag	3
	578	OLv / [OFzo] / Anci / Acig	4
	497	OLv / OFzo / An / Goh / Go & Hm / Gr / II Hsl	5
	498	OLn & OLv / OFzo / An / Ag / gh	5
	525	OLv / OFzo / An / An – g / Goh	5
	589	[OLv] / [OFzo] / An / Gr	5
	487	OLn & OLv / An / Ag / Hszo & g / g / II Hs	6
	526	OLv / OFzo / An / Hm / Hm & Hsnoz	6
	577	OLv / OFzo / An / Hm / g	6
	1514	[OLv] / [OFzo] / An / Hm / g / II Hm / II g	6
	1571	OLv / [OFzo] / An / An – Hm – Hsnoz / Hm & Hsnoz / Hm	6
	1573	[OLv] / OFzo / An / Hsl / g	6
	567	OLv / OFzo / An / Hm / g & Hf / II Hm / II An / II Go	6

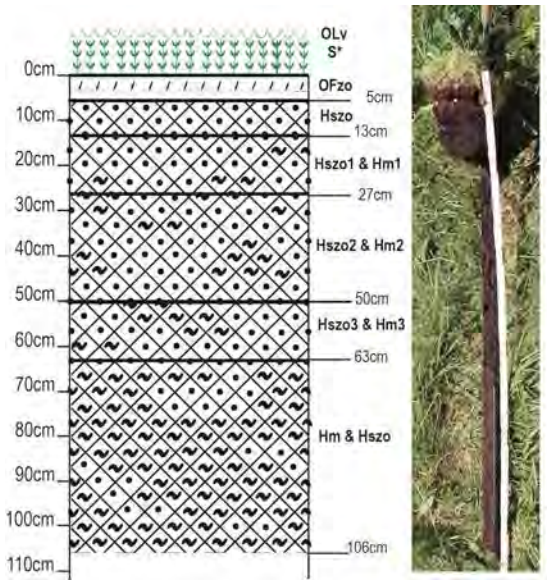
fonctionnement biologique. En surface, les pluies sont retenues par l'épais tapis de sphaignes, favorisant une surface très acide et humide. La décomposition de la litière est donc complètement ralentie par ces conditions.

Comme observé sur le terrain, en dessous de la litière, cette forme d'humus contient une faune résistante aux pH bas, et notamment des vers épigés ainsi que des enchytréides. Grâce à eux, l'humification y est très

importante alors que la minéralisation l'est un peu moins. Cette forme d'humus contient donc des horizons histiques très peu décomposés Hm, ainsi que des horizons histiques humifiés par la faune Hszo. En cas de drainage et d'apport en bases, les vers anéciques peuvent apparaître, et dégrader activement la matière organique : cette forme d'humus peut rapidement évoluer en un HISTOMULL (ZANELLA *et al.*, 2011). Dans ce cas, elle représente une transition entre un HISTOMODER et un HISTOMULL. A l'inverse, si des conditions humides apparaissent et se maintiennent, elle peut également représenter la transition entre un HISTOMULL et un HISTOMODER. Cette forme d'humus est donc une forme en évolution.

Tableau 3.3.24 : HUMIHISTOAMPHI selon ZANELLA* et al. *(2011) ou HUMIAMPHI selon JABIOL* et al. *(2013) présent dans les sites étudiés.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Burtignière	**495**	OLv / OFzo / Hszo / Hszo & Hm / Hm & Hszo	9

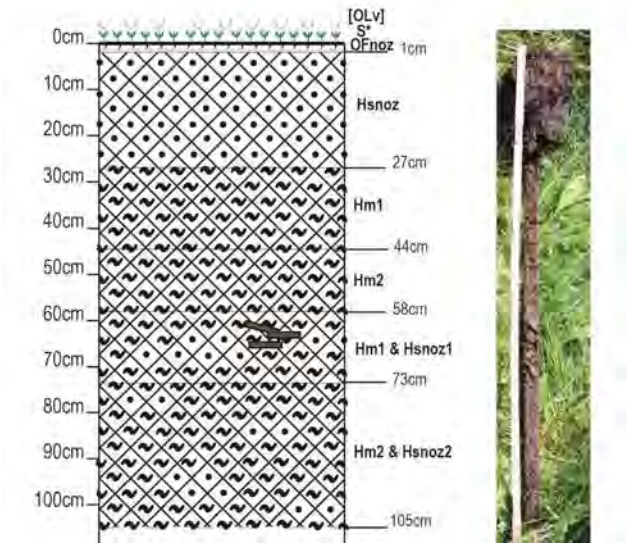


HUMIHISTOMODER (HUMIMODER)

L'unique exemplaire de cette forme d'humus, observée sur le site de La Burtignière en bordure d'un haut-marais (profil 1647), est caractérisée par une dominance d'horizons histiques mésiques (Hm), avec des d'horizons histiques sapriques non zoogènes (Hsnoz) présents en surface (Figure 3.3.8 ; Tableau 3.3.25). Cette forme d'humus révèle des conditions acides (pH = 5) et très humides, et contient un horizon de sphaignes. Il n'y a plus ou très peu d'accumulation de matières végétales, mais au contraire plus de tourbe stable (Hm) et de tourbe décomposée (Hsnoz). Les conditions acides créées par les sphaignes font que la décomposition de la matière végétale se fait par des bactéries anaérobies (JABIOL *et al.*, 2007). Le turnover de la matière organique est plus efficace, ce qui permet aux éléments nutritifs composant la tourbe d'être mis à disposition des plantes.

Tableau 3.3.25 : HUMIHISTOMODER selon ZANELLA* et al. *(2011) ou HUMIMODER selon JABIOL* et al. *(2013) présent dans les sites étudiés.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Burtignière	**1647**	[OLv] / OFnoz / Hsnoz / Hm / Hm & Hsnoz	7



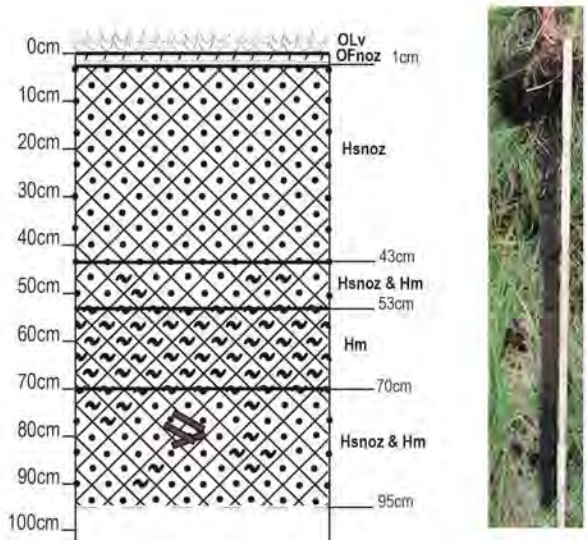
SAPRIHISTOMODER (SAPRIMODER)

Dans cette étude, les SAPRIHISTOMODERS sont des formes d'humus un peu enrichies en bases, donc moins acides (pH entre 5 et 6) et moins humides que les autres HISTOMODERS. Ce n'est donc pas étonnant si ces formes d'humus ont été observées à La Burtignière (Figure 3.3.8 ; Tableau 3.3.26) dans des zones de ruissellement en bordure de bas-marais acidophiles entourant des hauts-marais (582, 1557), dans un pâturage piétiné en bordure de route (1719) ou en bordure de l'Orbe (1566).

Ces formes d'humus sont caractérisées par un horizon histique saprique non zoogène (Hsnoz) dominant, ainsi que par la présence moins importante d'horizons histiques mésiques (Hm). L'accumulation de matières végétales est donc quasiment nulle. Par contre, comme les bactéries anaérobies sont probablement plus abondamment présentes, l'humification de la tourbe est plus importante dans cette forme d'humus. Cependant, comme les conditions ne sont pas aérées à cause de la présence de mousses ou de sphaignes (profil 1557), la minéralisation de la tourbe est ralentie. Si les conditions s'assèchent et restent basiques, la faune ainsi que les micro-organismes aérobies peuvent rapidement apparaître. Cette forme d'humus peut donc rapidement se transformer en un HISTOAMPHI puis/ou en un HISTOMULL (ZANELLA *et al.*, 2011). Dans ces cas, le turnover de la matière organique devient de plus en plus rapide et efficace.

Tableau 3.3.26 : SAPRIHISTOMODERS selon ZANELLA et al. (2011) ou SAPRIMODERS selon JABIOL et al. (2013) présents dans les sites d'étude. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Burtignière	1566	OLv / OFnoz / Hsnoz & Hm / Hm / Hsnoz / An / Hsnoz & Hm	6
	582	OLv / OFnoz / Hsnoz / Hm / Hf & Hm / Hsnoz / Gr	8
	1557	OLv / OFnoz / Hsnoz / Hsnoz & Hm / Hm / Hsnoz & Hm	8
	1719	OLv / Hsnoz / Hm – Gr	8



MÉSIHISTOMODER (MESIMODER)

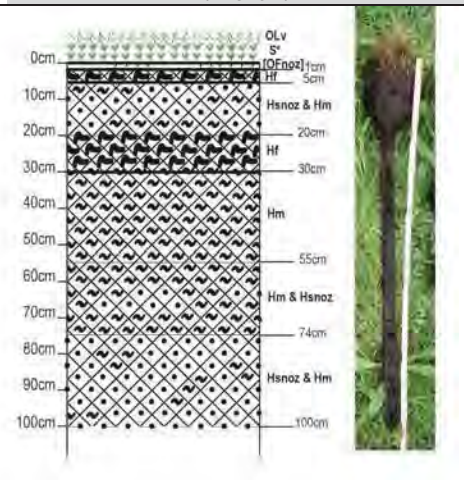
Dans cette étude, les MÉSIHISTOMODERS sont des formes d'humus caractérisées par des conditions plutôt acides (pH entre 4 et 5.5) humides et anoxiques, mais un peu moins que les FIBRIHISTOMODERS. Elles ont été observées à Chapelle-des-Bois, dans un bas-marais en bas de pente (Figure 3.3.10 ; Tableau 3.3.27), ainsi qu'à La Burtignière (Figure 3.3.8 ; Tableau 3.3.27), à l'intérieur ou en bordure de bas-marais acidophiles entourant des hauts-marais (514, 572, 1674) et dans une prairie fauchée en bordure de l'Orbe (492).

Comme dans les FIBRIHISTOMODERS, l'horizon dominant est un horizon histique Hm (Tableau 3.3.27). Il est également accompagné par des horizons histiques fibriques et sapriques (Tableau 3.3.27). Cependant, à l'opposé des FIBRIHISTOMODERS, l'horizon Hf est moins épais et moins présent que l'horizon Hsnoz. Ce qui signifie que l'accumulation de matières végétales sous forme de tourbe est moindre que dans les FIBRIHISTOMODERS, et qu'à l'inverse sa décomposition est plus importante. L'eau ici est très immobile et très réductrice. Dans ces sols humides dès la surface (514 et 1674 ; Tableau 3.3.27), composés notamment de sphaignes en surface, cet horizon histique mésique est surmonté d'un horizon d'accumulation de matière végétale, synonyme d'un saturation permanente du profil en eau jusqu'à la surface (Tableau 3.3.27). Ainsi, la présence d'horizons histiques sapriques indiquent que dans ces sols la matière organique est décomposée par des micro-organismes anaérobies.

Dans les trois autres sondages, l'horizon de matière organique décomposée se trouve en surface (Tableau 3.3.27). Ceci est inverse à la règle générale sur la succession des horizons histiques, et l'on peut donc supposer une quelconque modification, voire assèchement dans ces cas. Or ici, cet horizon Hsnoz, qui peut en temps normal se former en conditions oxiques comme en conditions anoxiques, semble être, selon les observations de terrain, plutôt humide ou en tout cas, de la même humidité que les autres horizons présents en dessous. Ces horizons décomposés en surface révèlent donc bel et bien une décomposition de la matière organique tourbeuse en surface, mais une dégradation qui est faite uniquement par des bactéries et micro-organismes anaérobies, donc en **conditions anoxiques**. La faune y est en effet absente ou possède une activité très réduite de par ces conditions acides et humides. En effet cet anoxie est révélée dans certains relevés, notamment le relevé 492, qui est situé dans une prairie fauchée humide à Praz-Rodet : sa surface est fréquemment tassée par les machines agricoles, ce qui permet de ce fait à l'eau de rester en surface. De plus, la majorité de ces profils contiennent des mousses, ce qui peut encore accentuer ce microclimat humide régnant dans ces profils.

Tableau 3.3.27 : MÉSIHISTOMODERS selon ZANELLA et al. (2011) ou MESIMODERS selon JABIOL et al. (2013) présents dans les sites étudiés. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Chapelle-des-Bois	807	OLv / OFnoz / Hsnoz / Hsnoz & Hm / Hm / Hm & Hf	8
Burtignière	514	OLv / Hf / Hsnoz / Hm / Hf / Hm / Hsnoz & Hf	6
	572	OLv / OFnoz / Hsnoz / Hf / Hm / Hm & gh / g	7
	1674	OLv / [OFnoz] / Hf / Hsnoz & Hm / Hf / Hm / Hm & Hsnoz	7
	492	OLv / Hsnoz & Hm / Hf / Hm / Hsnoz / Hm	8



FIBRIHISTOMODER (FIBRIMODER)

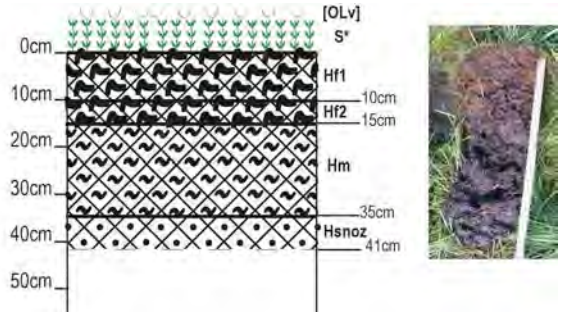
Dans cette étude, les FIBRIHISTOMODERS sont des formes d'humus révélant des conditions très humides et acides (pH entre 4 et 5). Elles sont localisées dans un bas-marais au Sentier (1351 ; Figure 3.3.9 ; Tableau 3.3.28), dans un haut-marais à Chapelle-des-Bois (1610 ; Figure 3.3.10 ; Tableau 3.3.28) et dans des bas-marais acidophiles ou basophiles présents autour de hauts-marais à La Burtignière (511, 1677, 18_06_1988, 1680 ; Figure 3.3.8 ; Tableau 3.3.28).

Des sphaignes sont présentes dans tous les sondages, sauf celui au Sentier qui contient un horizon composé d'autres mousses. Cette forme d'humus est caractérisée par une dominance d'horizons histiques mésiques (Hm) ainsi que par des horizons histiques fibriques (Hf) et sapriques non zoogènes (Hsnoz), avec l'horizon Hf plus épais que le Hsnoz. Les horizons fibriques indiquent qu'il y a toujours une accumulation de matière végétale non décomposée, en surface dans la plupart des profils. L'eau sature ainsi l'ensemble du profil. A l'inverse, les horizons sapriques indiquent une légère humification et minéralisation de la matière organique. La dégradation de la matière organique est en effet un peu plus active que dans les HISTOMORS notamment grâce à la présence plus importante d'organismes décomposeurs comme les bactéries anaérobies (ZANELLA *et al.*, 2011).

Cette décomposition ne concerne pas le sondage 1677 situé à La Burtignière (Figure 3.3.8 ; Tableau 3.3.28). Ce dernier ne contient en effet aucun horizon saprique. Ce qui signifie que ce profil ne contient que très peu d'organismes décomposeurs. En surface, la litière est très difficilement dégradée, notamment à cause de son abondance et de sa faible qualité (acidifiante et peu décomposable car due à de nombreux *Carex*). Cette dégradation est également ralentie par les mousses présentes en abondance (1351) ou les sphaignes présentes en surface. Il en résulte un horizon OLv, la plupart du temps continu, et reposant parfois sur un horizon OF non zoogène.

Tableau 3.3.28 : FIBRIHISTOMODERS selon ZANELLA et al. (2011) ou FIBRIMODERS selon JABIOL et al. (2013) présents dans les sites étudiés. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Sentier	**1351**	[OLv] / Hf / Hm / Hsnoz	7
Chapelle-des-Bois	1610	[OLv] / [OFnoz] / Hm / Hm & Hf / Hm / Hm & Hf / Hsnoz	6
Burtignière	511	OLv / Hf / Hsnoz & Hf / Hm & Hf & Hsnoz / Hm & Hf	8
	1677	OLv / Hf / Hm & Hf / Hm / Hf / Hm & Hf	8
	18_06_1988	OLv / [OFnoz] / Hm / Hf / Hsnoz	8
	1680	OLv / Hf / Hm & Hsnoz / Hf / Hm & Hsnoz / g	7



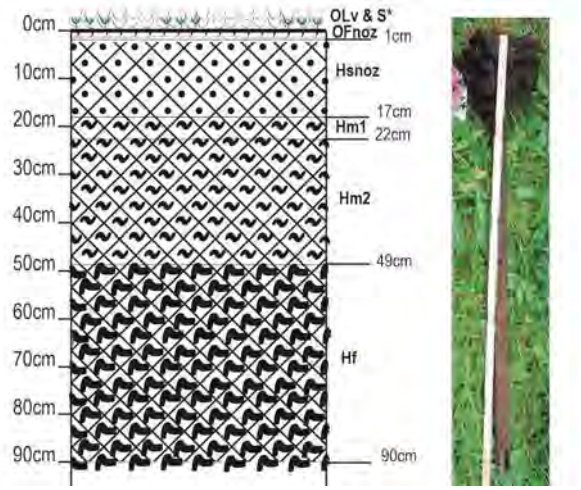
FIBRIHISTOMOR ou MÉSIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface (FIBRIMOR ou MESIMOR (*Drying up at the surface*))

Cette nouvelle forme d'humus créée dans cette étude a été observée sur le site de La Burtignière, à l'intérieur et/ou en bordure de bas-marais entourant des hauts-marais, dans des zones d'apparence assez sèches en surface avec de nombreuses espèces de graminées et d'autres espèces prairiales (Figure 3.3.8 ; Tableau 3.3.29). Elle est caractérisée par des horizons histiques sapriques (Hsnoz, Hsl ou Hszo), ayant un aspect assez sec et révélant des **conditions oxiques** sur le terrain et/ou « grumeleux », présents en surface, reposant sur des horizons histiques plus humides de type mésiques pour les MÉSIHISTOMORS ou des horizons histiques fibriques pour le FIBRIHISTOMOR (Tableau 3.3.29). Cette succession est inverse à celle, classique, des histosols ; GOBAT, 1984 ; BAIZE & GIRARD, 2009). On peut donc supposer que cette caractéristique est le signe d'un assèchement en surface. En effet, dans ce cas, la décomposition de la matière organique est très forte grâce aux conditions oxiques. Dans certains sondages, ces conditions plutôt aérées favorisent le développement et l'activité de la faune et des champignons aérobies, et notamment, comme observé sur le terrain, de vers épigés et d'enchytréides plus résistants à l'acidité (JABIOL *et al.*, 2007). Cette décomposition aboutit à la formation d'horizons histiques sapriques particuliers, un possédant une structure grumeleuse à cause de la faune (horizon Hszo ; ZANELLA *et al.*, 2011), et un autre, très sec, composé de plus de 50% de minéral, également très actif biologiquement (horizons Hsl ; ZANELLA *et al.*, 2011). Dans d'autres profils plus acides et/ou plus oligotrophes, l'horizon histique saprique en surface est non induit par la faune (horizon Hsnoz ; ZANELLA *et al.*, 2011). Ces conditions plus extrèmes réduisent en effet la présence et l'activitié de faune : la décomposition de la matière organique se fait grâce aux micro-organismes aérobies (ZANELLA *et al.*, 2011).

Un des profils (1715) se trouve dans une zone anciennement de bas-marais acidophiles entourant un haut-marais (GALLANDAT,1982), qui est actuellement complètement fermée et ceinturée par des arbres (épicéas notamment ; Figure 3.3.8). Ces derniers contribuent à l'assèchement de la zone et donc à la décomposition de la tourbe en surface par des micro-organismes.

Tableau 3.3.29 : FIBRIHISTOMOR ou MÉSIHISTOMORS avec tendance à l'assèchement en surface selon ZANELLA* et al. *(2011) présents dans les sites étudiés. FIBRIMOR ou MESIMORS* (Drying up at the surface) *selon JABIOL* et al. *(2013). Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Burtignière	482	[OL] / Hf / Hsnoz / Hm / Hf	7
	1715	OL / OFnoz / Hsnoz / Hm / Hf	7
	502	OL / OFnoz / Hm & Hsnoz / Hm / Hm & Hf / Hf	8
	489	[OL] / Hszo / Hm / Hf	9
	493	OL / OFzo / Hsl / Hm / Hf	9
	494	[OL] / OFzo / Hszo & Hm / Hf / Hf & Hm	9
	1572	[OL] / OFzo / Hszo / Hf	9



MÉSIHISTOMOR (MESIMOR)

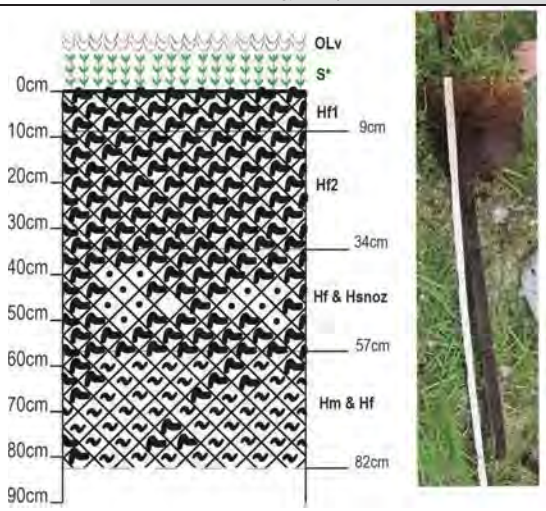
Ces formes d'humus ont été décrites à Chapelle-des-Bois à l'intérieur d'un haut-marais (dans une zone de buttes et de gouilles acides ; Figure 3.3.10), ainsi qu'à La Burtignière en bordure directe de haut-marais (Figure 3.3.8).

Les MÉSIHISTOMORS sont des formes d'humus très humides (saturation permanente), caractérisées comme les FIBRIHISTOMORS, par une dégradation de la matière organique nulle ou très faible à cause des conditions anoxiques et acides. En surface, ces formes d'humus contiennent presque toutes des sphaignes sauf le sondage 501, ainsi qu'un horizon de litière OLv suivi parfois d'un horizon fragmenté OFnoz (Tableau 3.3.30). Ces horizons sont le signe que la dégradation de la litière par les bactétries anaérobies est très lente voire inhibée par la saturation en eau et l'acidité que ces mousses contiennent (pH entre 4 et 5). Ces formes d'humus sont caractérisées par une dominance d'horizons histiques fibriques (Hf) typiques des tourbes en formation, ainsi que par des horizons histiques mésiques (Hm) typiques des conditions humides en permanence et de tourbe stable (GOBAT *et al.*, 2010). Cette forme d'humus est donc typique des histosols ayant des périodes de croissance et de stabilité. Des micro-organismes sont certainement également présents mais en moins quantié que dans les formes d'humus précédentes.

Sur les sites d'étude, un sondage possède également un petit horizon Hsnoz au milieu du profil (sondage 510 ; Tableau 3.3.30). Comme les horizons fibriques (Hf) qu'il contient sont dominants et que les horizons mésiques (Hm) sont présents, il peut toujours être considéré comme un MÉSIHISTOMOR. La présence de cette poche de tourbe décomposée peut être le signe de périodes moins humides par le passé. Il peut aussi simplement être le résultat d'une décomposition naturelle par la fermentation des bactéries anaérobies plus abondantes (GOBAT, 1984 ; BAIZE & GIRARD, 2009).

Tableau 3.3.30 : MÉSIHISTOMORS selon ZANELLA* et al. *(2011) ou MESIMORS selon JABIOL* et al. *(2013) présents dans les sites étudiés. Le sondage en gras est représenté par la photo et le schéma en dessous.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Chapelle-des-Bois	1608	[OLv] / [OFnoz] / Hm / Hf	7
	1609	[OLv] / Hf / Hf & Hm	7
Burtignière	501	[OLv] / OFnoz / Hm / Hf & Hm / Hf	8
	510	OLv / Hf / Hf & Hsnoz / Hm & Hf	8
	1508	OLv / Hf / Hf & Hm / Hf / Hf & Hm / Hm	7



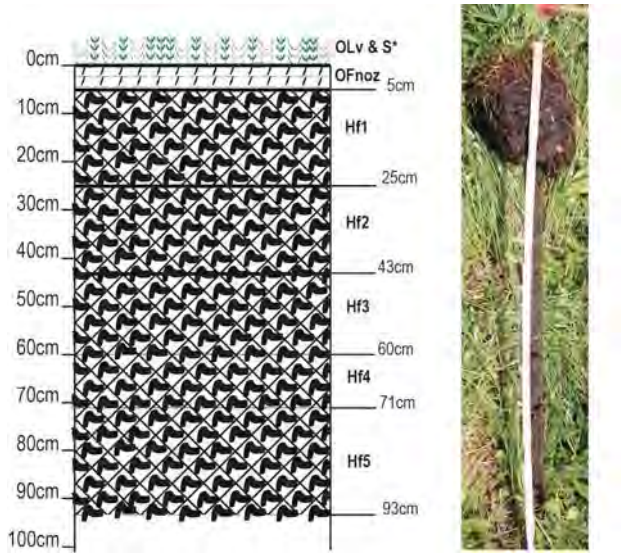
FIBRIHISTOMOR (FIBRIMOR)

L'unique forme d'humus de ce type a été observée à La Burtignière, en bordure d'un haut-marais, dans un marais tremblant acide (pH = 4) et saturé en eau en permanence jusqu'à la surface (profil 512 ; Figure 3.3.8 ; Tableau 3.3.31). Dans ces conditions anoxiques, cette forme d'humus est caractérisée par un horizon épais, saturé d'eau, et composé de sphaignes (S*) et de litière de *Carex* (Tableau 3.3.31). Cet horizon repose sur un horizon fragmenté OFnoz très épais, traduisant une très faible décomposition de la litière par les bactéries anaérobies (il ressemble ainsi au début de la formation de l'horizon suivant, Hf). En dessous de cet horizon, on retrouve une succession d'horizons histiques fibriques (Hf) non dégradés et composés de débris végétaux très reconnaissables. Ces derniers horizons sont typiques

d'une saturation en eau permanente et de tourbe en formation (GOBAT *et al.*, 2010). Cette eau comble les pores et les vides de l'entier du profil et du sol jusqu'à la surface. Cette forme d'humus est donc typique d'un histosol en croissance. Le turnover de la matière organique est donc presque nul. La matière végétale s'accumule.

Tableau 3.3.31 : FIBRIHISTOMOR selon ZANELLA et al. (2011) ou FIBRIMOR selon JABIOL et al. (2013) présent dans les sites étudiés.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Burtignière	**512**	OLv / OFnoz / Hf	8



EPIHISTOFORMES (*Epihistic* HISTOFORMS)

Dans les marais étudiés, seule une EPIHISTOFORME a été décrite, un EPIHISTOMOR (*Epihistic* HISTOFORM, ou *Epihistic* HISTOMOR).

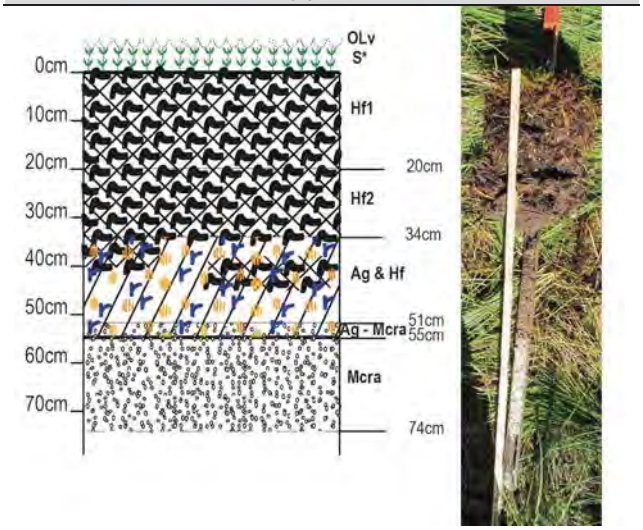
Théoriquement et conformément à de nombreux ouvrages sur les formes d'humus (TOUTAIN, 1981 ; JABIOL *et al.*, 2007 ; BAIZE & GIRARD, 2009 ; ZANELLA *et al.*, 2011), les EPISTOFORMES sont des formes d'humus semi-terrestres se formant dans des milieux humides saturés en eau (ZANELLA *et al.*, 2011). Etant donné qu'une partie du profil est saturé en eau pendant plus de six mois par an et que l'autre est submergé durant moins de six moins par an, ces formes d'humus comportent à la fois des horizons histiques ainsi que des horizons organo-minéraux. Par exemple, les pluies créent à la surface des conditions anoxiques qui empêchent toute vie et activité animale et fongique aérobie (JABIOL *et al.*, 2007). La litière et la matière organique ne peut pas (ou n'est que très lentement par des bactéries anaérobies) être décomposée. De ce fait, elle s'accumule pour former des couches d'horizons histiques. Ces formes d'humus peuvent être synonymes d'HISTOFORMES en formation (la surface se sature en eau, ce qui permet la formation de tourbe ; ZANELLA *et al.*, 2011), mais elles peuvent aussi représenter l'inverse, c'est-à-dire le passage d'une forme humide de type HISTOFORME vers une moins humide de type HYDROFORME (ZANELLA *et al.*, 2011).

EPIHISTOMOR (*Epihistic* HISTOMOR)

Cette forme d'humus a été observée au Sentier dans un bas-marais reposant sur de la craie lacustre (Figure 3.3.9 ; Tableau 3.3.32). Elle est caractérisée par des horizons histiques fibriques Hf reposant sur un horizon organo-minéral hydromorphe Ag (Tableau 3.3.32). Située dans une petite cuvette inondée en permanence, la surface est saturée en eau, ce qui empêche la matière végétale de se dégrader. Cette dernière s'accumule donc. Par ailleurs, cette forme d'humus est composée d'un horizon de mousse qui ralentit la dégradation de la litière. Cette forme d'humus représente ici un passage d'une HYDROFORME moins humide vers une HISTOFORME, plus humide.

Tableau 3.3.32 : EPIHISTOMOR selon ZANELLA et al. (2011) ou Epihistic HISTOMOR selon JABIOL et al. (2013) présent dans les sites étudiés.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Sentier	**506**	OLv / Hf / Ag & Hf / Ag – Mcra	7



LES FORMES D'HUMUS SUPERPOSEES

Dans les marais étudiés, des formes d'humus superposées ont été observées uniquement à La Burtignière (Figure 3.3.8 ; Tableaux 3.3.33 à 3.3.36). Elles marquent un changement ayant eu probablement lieu dans un lointain passé (vu l'épaisseur des horizons présents en dessus de cette succession d'horizon illogique), avec une rupture minéralogique et/ou lithologique :

- **une HYDROFORME à tendance TERROFORME, superposée à une HISTOFORME** (532 ; Figure 3.3.8 ; Tableau 3.3.33) : HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL, superposé à HUMIHISTOMODER ;
- **une TERROFORME superposée à une HISTOFORME** (1556 ; Figure 3.3.8 ; Tableau 3.3.34) : DYSTERROMODER superposé à FIBRIHISTOMODER ;
- **Des EUHISTOANMOORS superposés à des HISTOFORMES** (1510, 1645 ; Figure 3.3.8 ;

Tableaux 3.3.35 et 3.3.36) : EUHISTOANMOOR superposé à DYSHUMIHISTOMODER, et EUHISTOANMOOR superposé à MÉSIHISTOMODER.

On peut peut-être imaginer que ces dépôts proviennent de la période du Petit Age Glaciaire, une période qui s'étend du XIV^{ème} au XIX^{ème} siècle et pendant laquelle les précipitations ainsi que les crues et inondations étaient plus importantes que de nos jours (PFISTER, 1985). Couplée certainement à des déboisements, l'érosion des berges et des sols a également été augmentée, favorisant donc l'apparition de conditions propices aux dépôts de particules minérales. Cependant, ceci n'est qu'une supposition, et il se peut que ces dépôts soient plus récents que cela.

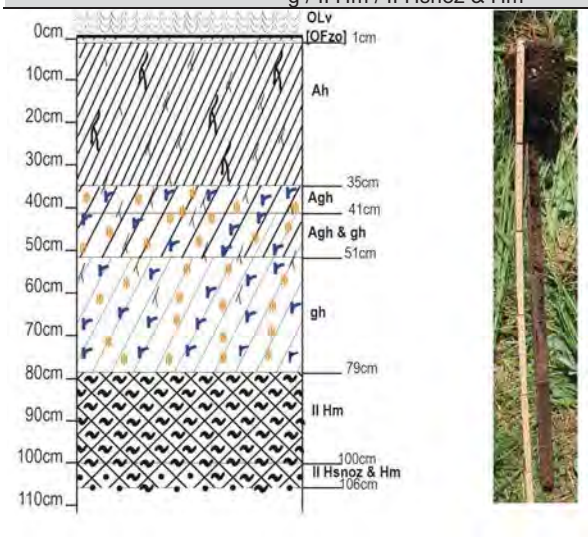
HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL, superposé à HUMIHISTOMODER (*Stagnic* TERROMULL (*Drying up at the surface*), superposed to HUMIMODER)

Le sondage possédant cette forme d'humus superposée (profil 532 ; Figure 3.3.8 ; Tableau 3.3.33) se situe entre la bordure de la tourbière de Praz-Rodet et de l'Orbe.

Voici une tentative d'explication pour la formation de cette forme d'humus. Dans le passé, cet endroit était caractérisé par une HISTOFORME, plus précisément par une succession d'horizons histiques de type HUMIHISTOMODER (dominance d'horizons mésiques Hm, avec des horizons histiques sapriques non zoogènes Hsnoz). Cette forme d'humus était complètement liée à la nappe de base de la tourbière et de l'Orbe toutes proches. Puis, à un certain moment dans le passé (cf. paragraphe précédent), un apport de minéral est arrivé, provenant vraisemblablement de l'Orbe lors de ses crues (pour information, actuellement, les crues dans la zone ont actuellement une fréquence d'environ 50 ans ; map.geoadmin.ch). Ces particules minérales abondantes, ont recouvert la tourbe et ont formé une couche minérale assez épaisse et plutôt imperméable à structure massive et collante. Cette couche a permis de créer de nouveaux sol et forme d'humus en dessus, déconnectés de la nappe de la tourbière, et soumis aux eaux pluviales et à leur fréquence.
Ainsi, aujourd'hui, la nappe temporaire formée par ces eaux, fluctue dans l'horizon rédoxique (g) et atteint l'horizon situé juste en dessus, l'horizon organo-minéral hydromorphe (Ahg). Au contraire, l'horizon organo-minéral situé plus haut encore (Ah) ainsi que la surface ne sont pas atteints (ou que très rarement lors de très importantes quantités de pluies) par cette nappe. La surface, la plupart du temps non hydromorphe, est composée d'une faune assez active qui dégrade assez efficacement la litière nitrophile plutôt améliorante (composée principalement de *Filipendula ulmaria* et *Carex acutiformis*) et qui intègre la matière organique humifiée dans l'horizon organo-minéral grumleux sous-jacent (Ah). Cet horizon est riche en matière organique vraisemblablement à cause d'une petite remontée d'eau présente jusque dans que dans le bas de cet horizon Ah lors de pluies importantes : cette eau réduit l'abondance de la faune minéralisatrice et ralentit son activité, et donc la dégradation de cette matière organique humifiée. Ainsi, en surface, on retrouve un horizon OLv continu reposant sur un horizon de fragmentation OF zoogène discontinu, puis sur un horizon organo-minéral riche en matière organique humifiée (Ah).

Tableau 3.3.33 : HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL superposé à HUMIHISTOMODER selon ZANELLA* et al. *(2011) ou* Stagnic *TERROMULL (*Drying up at the surface*) superposed to HUMIMODER selon JABIOL* et al. *(2013) présent dans les sites étudiés.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Burtignière	**532**	OLv / [OFzo] / Ah / Agh / g / II Hm / II Hsnoz & Hm	5



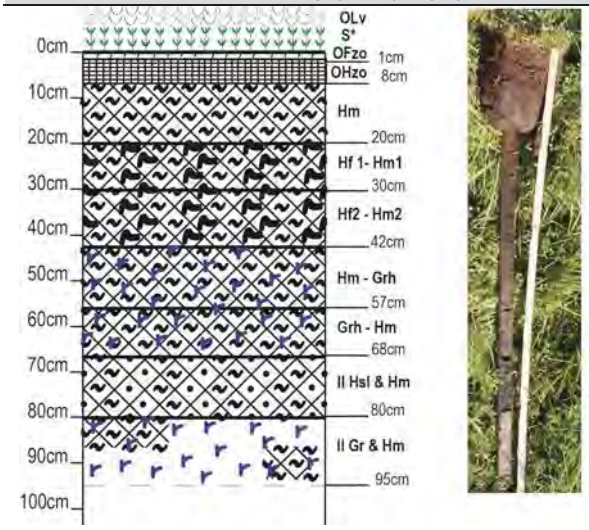
DYSTERROMODER superposé à FIBRIHISTOMODER (DYSMODER superposed to FIBRIMODER)

Le sondage 1556 concerné est présent en bordure d'un haut-marais et de l'Orbe, et est également proche d'un petit ruisseau traversant les deux zones de tourbières de Praz-Rodet (Figure 3.3.8 ; Tableau 3.3.34).
Voici une tentative d'explication pour la formation et le fonctionnement de cette forme d'humus. Par le passé, la nappe du haut-marais, qui est réductrice, acide et stable a permis la formation d'horizons histiques en dessus (II Hsl & Hm). Puis, de par la situation de ce sondage, le ruisseau ainsi que l'Orbe ont vraisemblablement débordé et déposé une couche minérale sur cet horizon histique (cf. paragraphe précédent « HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL, superposé à HUMIHISTOMODER »). La nappe du haut-marais a continué de saturer le profil, avec ses conditions réductrices et acides (pH entre 4 et 5). Cette saturation en eau a permis la formation d'une forme d'humus de type FIBRIHISTOMODER, c'est-à-dire caractérisée par une dominance d'horizons mésiques Hm, avec des horizons fibriques Hf représentant des périodes plus saturantes amenant à l'accumulation de tourbe. Par contre, la surface du profil présente un aspect beaucoup plus sec, de type TERROFORME, avec un horizon de litière OLv, de fragmentation OF zoogène et d'humification OH zoogène continus. Ainsi, aujourd'hui, il semble que la

nappe du haut-marais ait de la peine à atteindre la surface du profil. Les conditions sèches en surface qui en résultent permettent à la faune d'être présente et de dégrader la litière. Cependant, à cause des conditions acides dues à la litière acidifiante peu dégradable (éricacées), la faune a une efficacité très restreinte. Comme cela a été observés sur le terrain, elle est caractérisée par des vers peu sensibles au pH (vers épigés et enchytréides), ainsi que par quelques arthropodes et fourmis. Cette faune, même si elle est abondante, parvient donc à dégrader la litière mais moins efficacement. Ainsi, en l'absence des vers anéciques, le transfert de matière des horizons de surface vers les horizons de profondeur est beaucoup moins efficace. Par conséquent, la matière organique humifiée est bloquée et s'accumule dans un horizon d'humification, épais (OH).
Ces conditions plus sèches en surface peuvent également provenir des nombreux ligneux présents dans la zone (bouleaux en particulier). Elles peuvent perdurer dans les années à venir, pour amener à une végétation plus méso-voire xérophile.

Tableau 3.3.34 : DYSTERROMODER superposé à FIBRIHISTOMODER selon ZANELLA* et al. *(2011) ou DYSMODER superposed to FIBRIMODER selon JABIOL* et al. *(2013) présent dans les sites étudiés.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Burtignière	**1556**	OLv / OFzo / OHzo / Hf – Hm / Hm – Gr / Gr – Hm / II Hsl & Hm / II Gr & Hm	6

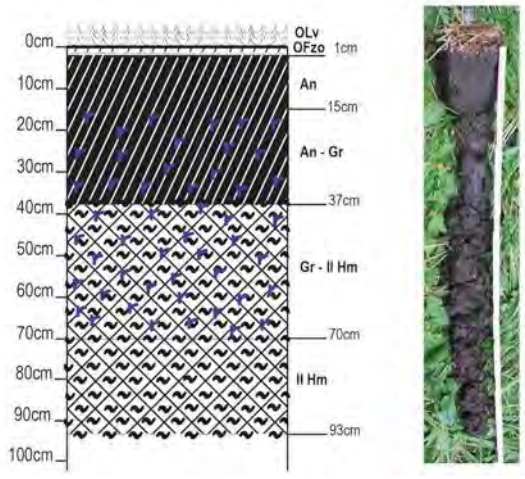


EUHISTOANMOOR superposé à DYSHUMIHISTOMODER (EUANMOOR superposed to DYSHUMIMODER)

Cette forme d'humus superposée a été observée sur le site de La Burtignière dans la zone de la Combe des Mines, dans une zone de tourbière et d'ourlets forestiers, en bas de pente (profil 1510 ; Figure 3.3.8 ; Tableau 3.3.35). Selon la succession observée, elle était autrefois caractérisée par une HISTOFORME, plus précisément par un HUMIHISTOMODER, avec uniquement des horizons mésiques. Comme ce cas n'existe pas dans les classifications, cette forme d'humus a été appelée DYSHUMIHISTOMODER en se rapportant à la clé de ZANELLA *et al.* (2011). C'est un HUMIHISTOMODER qui fonctionne plutôt mal, donc sans horizon histique saprique non zoogène (Hsnoz).
Voici une tentative d'explication pour la formation de cette forme d'humus. Cette tourbe s'est faite recouvrir par un apport de minéral provenant probablement de ruissellement et colluvionnement venant de la pente aux alentours. Les particules minérales se sont donc déposées sur la tourbe. Ces apports ont permis de créer des conditions plus imperméables et réductrices, mais ceci sans empêcher la nappe profonde de la tourbière de remonter dans le profil. Cette nappe a ensuite fluctué légèrement, pour atteindre la surface (qui ne contient aucune mousse) lors d'importantes précipitations ou lors de la fonte des neiges. A l'inverse, en été, cette nappe s'est abaissée. Dans ce dernier cas, les horizons supérieurs ont donc été soumis à des conditions plus sèches. Ces conditions ont permis à la faune, principalement des vers (anéciques et autres), de dégrader assez rapidement la litière et de la lier efficacement aux particules minérales de l'horizon Gr. Le retour de la nappe jusqu'en surface a ensuite ralenti l'activité de dégradation de la faune et a cassé la structure grumeleuse de l'horizon de transition organo-minéral et minéral (An – Gr). Le développement de l'horizon An présent en dessus de l'An – Gr s'est poursuivi ensuite de la même façon, c'est-à-dire grâce à l'alternance des conditions sèches et humides.
Cet horizon An se développe encore aujourd'hui grâce à l'existence de la nappe de la tourbière, qui fluctue un peu mais reste dans l'horizon An – Gr. Cette abondante matière organique humifiée en surface peut indiquer que le sol s'est enrichi en nutriments, permettant à une végétation plus eutrophe de s'installer.

Tableau 3.3.35 : EUHISTOANMOOR superposé à DYSHUMIHISTOMODER selon ZANELLA* et al. *(2011) ou EUANMOOR superposed to DYSHUMIMODER selon JABIOL* et al. *(2013) présent dans les sites étudiés.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Burtignière	**1510**	OLv / OFzo / An / An – Gr / Gr – II Hm / II Hm	6



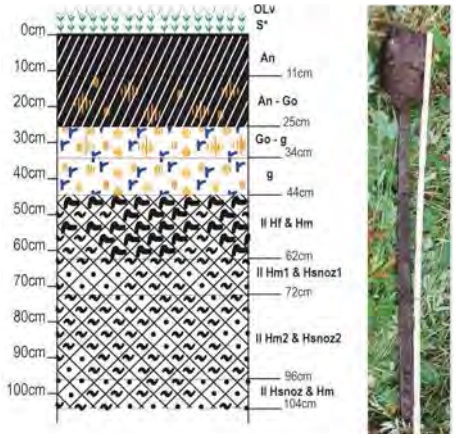
EUHISTOANMOOR superposé à MÉSIHISTOMODER (EUANMOOR superposed to MESIMODER)

Cette forme d'humus superposée est présente sur le site de La Burtignière, en ceinture du haut-marais du Carre et une doline (sondage 1645 ; Figure 3.3.8 ; Tableau 3.3.36). Voici une tentative d'explication pour la formation de cette forme d'humus. Autrefois caractérisé par une HISTOFORME, et plus précisément par une succession d'horizons histiques mésiques (Hm) et d'horizons histiques sapriques non zoogènes (Hsnoz) et fibriques (Hf), ce sondage a également subi un apport de minéral. En effet, il semble que du matériel minéral provenant de coluvionnement et la doline (et plus précisément lors du débordement de celle-ci – un débordement fréquent (1) actuellement en cas de grandes pluies car résurgence, (2) et peut-être fréquent également lors du Petit Age Glaciaire entre les XIV^{ème} et XIX^{ème} siècles avec son climat humide et rigoureux) – se soit déposé sur la tourbe, pour former un horizon minéral rédoxique (g). Cet apport a complètement déconnecté le reste du sol de la nappe de la tourbière. Les conditions sont ensuite devenues plus basiques, car le sol n'était plus soumis à la nappe phréatique de la tourbière mais à une nappe d'origine pluviale. Cette nappe pluviale s'est ensuite transformée en nappe permanente grâce aux apports provenant de la doline et à la texture plutôt argileuse retenant l'eau de l'horizon rédoxique (g). Elle a atteint la surface lors d'importantes précipitations ou lors de la fonte des neiges. Les fluctuations saisonnières de la nappe ont ainsi permis la formation d'un horizon de transition An – Go, à structure pâteuse et collante, puis au-dessus d'un horizon An.

Cet horizon An se développe encore aujourd'hui grâce à l'existence de cette nappe permanente, qui fluctue encore beaucoup selon les quantités de précipitations et les saisons. Aujourd'hui, même si quelques mousses sont présentes, la litière est très rapidement dégradée (présence d'un horizon OLv très peu épais), signe que les conditions de non-saturation en eau sont importantes. Comme précédemment, cette abondante matière organique humifiée en surface peut indiquer que le sol s'est enrichi en nutriments, permettant à une végétation plus eutrophe de se développer (cf. paragraphe 3.3.5, « Utilité des formes d'humus dans la détection de zones en changement ou modifiées », et section 4.2 de l'approche diachronique).

Tableau 3.3.36 : EUHISTOANMOOR superposé à MÉSIHISTOMODER selon ZANELLA et al. (2011) ou EUANMOOR superposed to MESIMODER selon JABIOL et al. (2013) présent dans les sites étudiés.

LIEU	N° SONDAGE	SUCCESSION D'HORIZONS	GROUPE
Burtignière	**1645**	OLv / An / An – Go / Go – g / II Hf & Hm / II Hm & Hsnoz / II Hsnoz & Hm	6



Suggestions de modifications à apporter aux deux clés de détermination

Les résultats de cette étude démontrent que, tout d'abord, plusieurs formes d'humus décrites dans les sites étudiés n'apparaissent pas dans les différentes clés de détermination, alors qu'elles semblent être très importantes d'un point de vue fonctionnel et évolutif. Ensuite, les deux clés possèdent en effet quelques lacunes concernant les formes d'humus hydromorphes, donc semi-terrestres, avec par exemple des séquences d'horizons diagnostiques trop strictes ou trop peu complètes voire même inexistantes. Suite aux résultats obtenus dans ce travail concernant des milieux encore relativement peu connus en regard des forêts ou des milieux non humides, plusieurs modifications doivent donc être faites.

1) Selon la classification de ZANELLA *et al.* (2011), l'HYDROMULL (profil 810) possède une succession d'horizons de type OL / [OFzo] / Ag, alors que celle de l'HYDROMODER est OL / OFzo / OH. Dans cette étude, l'HYDROMULL contenait un horizon OFzo continu, mais pas d'horizon holorganique humifié OH. Or, ce qui différencie un HYDROMODER d'un HYDROMULL est justement la présence de cet horizon OH. Dans cette étude, comme la forme d'humus ne contenait pas un tel horizon, elle ne peut pas être classée comme HYDROMODER.
   → Ainsi, dans la clé de ZANELLA *et al.* (2011), il serait nécessaire de remplacer le [OFzo] par un OFzo continu (donc sans les [ ]), ce qui est déjà le cas pour les TERROMULLS.

2) En ce qui concerne les TERROFORMES, il faudrait préciser dans la clé de ZANELLA *et al.* (2011), que ce qui importe le plus pour distinguer les différentes catégories des TERROMULLS, c'est la présence (en poches ou continu) ou l'absence d'un horizon OFzo et non pas la continuité ou de la présence d'horizons OL. En effet, dans cette étude, il est arrivé d'observer un horizon discontinu de litière OLv ou OLn, avec un horizon continu de fragmentation OFzo. Ce qui importe dans ce cas, c'est bien la présence d'un horizon OFzo continu, et non celle

d'horizons OLv ou OLn. En effet, la quantité de litière peut très bien avoir été fortement réduite par exporation de la biomasse par la fauche ou par le pâturage.

→ Ainsi, si l'horizon OFzo est absent, on part soit sur un EUTERROMULL ou un MÉSOTERROMULL selon la présence ou non de litière OLn et OLv. Puis, si l'horizon OFzo est présent, on part soit sur un OLIGOTERROMULL si cet horizon est discontinu, soit sur un DYSTERROMULL s'il est continu, ceci peu importe si la litière OLv ou OLn est absente ou présente de façon continue ou discontinue. Il faudrait donc rajouter dans la clé de ZANELLA *et al.* (2011), pour les catégories MÉSOTERROMULL et DYSTERROMULL, la présence possible d'horizons OLv et OLn en poches ou de façon continue ainsi qu'également leur possible absence.

Exemple pour les MÉSOTERROMULLS :

> **OLn possible ou [OLn] possible / OLv possible ou [OLv] possible / [OFzo] présent / maA ou meA**

3) Les clés possèdent une possibilité pour les formes d'humus ne comportant que des horizons histiques fibriques Hf (FIBRIHISTOMOR), mais aucune n'existe pour celles ne possèdant que des horizons Hm (comme le sondage 1510) ou Hsnoz. Alors que faire ?

→ Pour les horizons Hm : **Une solution serait de compléter les deux classifications par un HUMIHISTOMODER (ou HUMIMODER selon JABIOL *et al.* (2013)) fonctionnant mal et donc ne contenant pas d'horizon saprique Hsnoz, ni d'horizon fibrique. Ce qui donnerait un DYSHUMIHISTOMODER selon ZANELLA *et al.* (2011) ou DYSHUMIMODER selon JABIOL *et al.* (2013)**.

→ Pour les horizons Hsnoz : **Une solution serait de compléter les deux classifications par un SAPRIHISTOMODER (ou SAPRIMODER selon JABIOL *et al.* (2013)) fonctionnant bien et donc ne contenant pas d'horizon mésique Hm. Ce qui donnerait un EUSAPRIHISTOMODER selon ZANELLA *et al.* (2011) ou EUSAPRIMODER selon JABIOL *et al.* (2013)**.

4) Selon la classification de ZANELLA *et al.* (2011), la forme d'humus FIBRIHISTOMODER (ou FIBRIMODER selon JABIOL *et al.* (2013)) est caractérisée par un horizon histique mésique Hm dominant, avec également quelques horizons histiques fibriques et horizons sapriques non zoogènes (Hf > Hsnoz). Dans cette étude, une telle forme d'humus (profil 1677) a été trouvée, mais sans l'horizon Hsnoz. Comme Hm est dominant par rapport à Hf, elle ne peut pas être classée dans les HISTOMORS.

→ Une solution serait, dans les deux clés, de supprimer les critères restrictifs du FIBRIHISTOMODER en notant le Hsnoz comme possible, et que, s'il est présent, que l'épaisseur de Hm > Hf > Hsnoz (possible). Ou alors de créer une catégorie DYSFIBRIHISTOMODER (ou DYSFIBRIMODER selon JABIOL *et al.* (2013), qui fonctionne assez mal, dans laquelle Hm est dominant et Hf présent (sans Hsnoz), donc Hm > Hf.

5) Pour les formes d'humus qui ont un Hf dominant puis un horizon Hm et Hsnoz, il n'y a aucune possibilité dans les deux clés. Dans cette étude, une forme d'humus de ce type a été trouvée (sondage 510), cependant, elle ne contenait pas véritablement un horizon Hsnoz mais plutôt un horizon Hsnoz très peu exprimé, en mosaïque. Cette forme d'humus a donc été classée dans les MÉSIMHISTOMORS (MESIMORS).

→ La solution serait de rajouter une classe appelée HUMIHISTOMOR chez ZANELLA *et al.* (2011), soit HUMIMOR chez JABIOL *et al.* (2013).

6) Dans les deux classifications, aucune possibilité n'est disponible dans le cas où un horizon Hs zoogène (Hszo), un Hs limique (Hsl) ou non zoogène (Hsnoz) assez sec est présent en surface mais non dominant avec la présence de Hf et/ou Hm. Pourtant cette possibilité est importante dans l'évolution et le changement des formes d'humus car elle peut refléter l'apparition d'une faune ou de micro-organismes aérobies pouvant dégrader la matière tourbeuse grâce aux conditions plus sèches et moins acides. Il est en effet très important de préciser que les formes d'humus possédant un horizon Hs assez secs sont caractérisés par une forte et efficace dégradation de la matière organique, ce qui peut ainsi être le signe d'une dégradation du milieu tourbeux.

→ 1. La première solution serait, comme cela a été fait dans cette étude (sondages 489, 493, 494 et 1572), de rajouter après la forme d'humus classique selon ZANELLA *et al.* (2011), le terme « avec tendance à l'assèchement en surface » (en surface, car les horizons sapriques étaient présents en haut du profil). Si Hf est dominant : HISTOMOR ; si Hm est dominant : HISTOMODER. Selon la nomenclature de JABIOL *et al.* (2013), cette possibilité d'avoir des horizons histiques sapriques en surface n'a également pas été étudiée par les auteurs. Dans cette étude, la forme d'humus a donc été appelée HISTOFORM (*Drying up at the surface*). Le qualificatif *Drying up at the surface* entre parenthèses permet de mettre en évidence que la surface est plus sèche.

- **Si Hf dominant / Hszo ou Hsl ou Hsnoz présent en surface : FIBRIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface (OU FIBRIMOR (*Drying up at the surface*) chez JABIOL *et al.* (2013)) : Hf > Hszo ou Hsl.**
- **Si Hf dominant / Hm présent / Hszo ou Hsl ou Hsnoz présent en surface : MÉSIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface (ou MESIMOR**

(***Drying up at the surface***) **chez JABIOL *et al.* (2013)) : Hf > Hm et Hf > Hszo ou Hsl.**

→ 2. La deuxième solution serait de créer une classe représentant des formes d'humus en changement. Comme proposé par CARRERA & BRODARD (2014), il serait judicieux de créer une classe DYSAMPHI, qui, avec le terme AMPHI signifie que la forme d'humus est en évolution (selon la clé, AMPHI possède un Hszo dominant), et avec le terme DYS- signifiant que cet AMPHI fonctionne assez mal et donc que le Hszo n'est pas dominant.

- **Si <u>Hf dominant</u> / Hm possible / <u>Hszo ou Hsl ou Hsnoz présent :</u> FIBRIHISTODYSAMPHI (OU FIBRIDYSAMPHI chez JABIOL *et al.* (2013)) : Hf > Hs, et Hf > Hm**
- **Si Hf présent / Hm présent / Hszo ou Hsl ou Hsnoz présent : MÉSIHISTODYSAMPHI (OU MESIDYSAMPHI chez JABIOL *et al.* (2013)) : aucun horizon ne prédomine mais sont présents.**
- **Si Hf possible / <u>Hm dominant</u> / Hszo ou Hsl ou Hsnoz présent : HUMIHISTODYSAMPHI (OU HUMIDYSAMPHI chez JABIOL *et al.* (2013)) : Hm > Hs, et Hm > Hf**

7) Chez ZANELLA *et al.* (2011), pour être qualifiées d'HYDROFORMES, il est nécessaire que les formes d'humus concernées possèdent un horizon organo-minéral hydromorphe, de type Ag, présent directement sous la surface. Or, dans cette étude, de nombreux cas qualifiés d'HYDROFORMES ont montré que les horizons holorganiques reposaient sur des horizons autres qu'un Ag, comme directement sur des horizons minéraux réductiques ou rédoxiques. Ainsi, pour être qualifiée d'HYDROFORME, il est important que la forme d'humus subisse une remontée d'eau (provenant d'une nappe temporaire ou permanente) et donc que les horizons holorganiques reposent sur des horizons hydromorphes, peu importe si l'horizon est un Ag ou non.

   → Dans la classification de ZANELLA *et al.* (2011), il faudrait envisager les deux situations, par exemple en enlevant la restriction de l'horizon Ag, et rajoutant comme quoi l'Ag peut aussi être absent et remplacé par un horizon hydromorphe, rédoxique (g) ou réductique (G).

8) Dans cette étude, concernant la classe nouvelle appelée « HYDROFORME à tendance TERROFORME », les HYDROFORMES ne reposent pas tous directement sur un horizon hydromorphe de type g, G ou Ag. En effet, au-dessus de cet horizon hydromorphe figure souvent un horizon organo-minéral simple sans aucune marque d'engorgement ni d'hydromorphie. Ces cas montrent que leur surface n'est plus (ou pas) atteinte par les conditions d'hydromorphie présentes plus bas dans le profil, et qu'elle est représentée par des conditions sèches. Ce cas peut est important car il peut être le signe d'un assèchement en cours de la surface. Il n'est pas pris en compte chez ZANELLA *et al.* (2011). En effet, dans cette clé, seule la possibilté d'un Ag présent directement sous la surface est envisagée (HYDROFORMES). Il n'y a aucune allusion à une autre situation possible détectée dans cette étude, qui est la présence d'un horizon Ag (ou g ou G) sous un autre horizon (donc pas directement sous les horizons O). Selon la clé européenne (JABIOL *et al.*, 2013), ces formes d'humus sont des formes terrestres présentant des signes d'hydromorphie (*Stagnic* MULLS ou *Stagnic* MODERS ou *Stagnic* MORS), ce qui est déjà plus en accord avec cette tendance à l'assèchement en surface. Ainsi, avec cette clé, il suffit d'avoir dans le profil un horizon g ou –g pour être qualifié de *Stagnic* TERROFORMES, peut importe où il se trouve. Par contre, cette clé est très sommaire ne permet pas de différencier ces formes d'humus avec les HYDROFORMES existantes (*Stagnic* TERROFORMS), si différence il y a.

   → Dans la clé de ZANELLA *et al.* (2011), il faudrait créer une catégorie montrant ces surfaces plus sèches, avec la succession suivante : OL possible / OF possible / OH possible / <u>A ou Ah présent / Ag ou g ou G présent</u>. Comme proposé dans cette étude, ces formes d'humus pourraient être qualifiées d'HYDROFORMES à tendance TERROFORMES. Idem pour la clé de (JABIOL *et al.*, 2013), il serait judicieux de rajouter un qualificatif montrant que la surface est plus sèche : exemple *Stagnic* TERROFORMS (*Drying up at the surface*).

3.3.5 Synthèse et points soulevés par cette étude

<u>Résumé des formes d'humus présentes</u>

Cette section 3.3 a tout d'abord permis de mettre en évidence un grand nombre de formes d'humus différentes, appartenant aux formes d'humus « classiques » terrestres et semi-terrestres selon les classifications de ZANELLA *et al.* (2011) et de JABIOL *et al.* (2013), ainsi que d'autres formes plus particulières, et non disponibles dans les clés de détermination. Il est important de garder en tête que cette étude fait partie des études pionnières dans les milieux humides. Ainsi, tout ceci reste bien sûr basé actuellement essentiellement sur les observations faites sur le terrain. Comme dit précédemment, des études futures ou complémentaires sont nécessaires pour valider ou non les résultats obtenus et les suppositions faites, notamment pour les modifications écologiques (assèchement en cours ou non, etc).

Les formes terrestres, et plus précisément les les **TERROFORMES (TERROFORMS)**, peu abondantes dans les sites étudiés, sont présentes en périphérie des hauts- et bas-marais, dans des pâturages ou des prairies en légère

pente. Les conditions qui y règnent sont sèches et basiques. Dans ces cas, l'absence d'eau et le pH relativement haut permettent une meilleure activité de la faune et donc une biodégradation de la litière améliorante ainsi qu'un turnover de la matière organique et des nutriments efficace et rapide. Ces nutriments sont rapidement remis à disposition de la végétation, ce qui permet à cette dernière de croître et de se développer pleinement. Ce feedback positif est très efficace (TOUTAIN, 1981 ; PONGE, 2013).

Parmi les formes semi-terrestres selon ZANELLA *et al.* (2011), les **HYDROFORMES (*Stagnic* TERROFORMS)**, et plus précisément les **HYDROMULLS (*Stagnic* MULLS)**, sont situées dans des prairies en légère pente et sont en contact avec l'eau d'une nappe temporaire (g) ou permanente (G) qui fluctue et atteint la surface lors de grandes quantités de précipitations.

Les **HISTOFORMES (HISTOFORMS)** comportant des horizons peu dégradés (**HISTOMORS**) sont présentes dans des marais tremblants acides, ainsi qu'à l'intérieur de bas- et de hauts-marais. Ces zones sont saturées en eau jusqu'à la surface pendant une très longue période. De plus, grâce aux sphaignes, aux mousses et à une litière plutôt acidifiante et riche en lignine comme les éricacées (GOBAT *et al.*, 2010), les conditions acides et humides qui y règnent empêchent ou réduisent l'activité de la faune, plus efficace dans la dégradation de la matière tourbeuse que les bactéries anaérobies. De plus, seule une végétation acidophile peut y pousser. Celle-ci apporte une litière acidifiante à la forme d'humus, permettant ainsi, par un feedback positif entre cette végétation et la forme d'humus, de maintenir un pH relativement bas et par conséquent d'empêcher la dégradation de la tourbe. Cette dernière peut même s'accumuler grâce à la présence de nombreuses espèces turfigènes (sphaignes, mousses et quelques laîches). Les **HISTOMODERS** sont présents dans des zones un peu moins acides (pâturages, bordure de l'Orbe, à l'intérieur ou en périphérie de bas-marais entourant des hauts-marais, prairies fauchées) et dans lesquels la saturation en eau est encore importante notamment pour les **FIBRIHISTOMODERS (FIBRIMODERS)** et les **MÉSIHISTOMODERS (MESIMODERS)**. Ces deux classes ont une vitesse de biodégradation et de turnover de la matière organique assez faible, mais non nulle. Elles sont donc composées de matière organique bien conservée. Les **HUMIHISTOMODERS (HUMIMODERS)** ainsi que les **SAPRIHISTOMODERS (SAPRIMODERS)** présentent une saturation moindre en eau, et donc une dégradation de la matière organique (et un turnover) assez rapide, les plus rapides des **HISTOMODERS** étant les **SAPRIHISTOMODERS**. Dans cette étude, ces deux formes d'humus sont présentes en bordure de bas-marais acidophiles entourant des hauts-marais dans des zones de ruissellement, ainsi que dans des pâturages ou en bordure de l'Orbe. Ces tourbes décomposées ont un pH plus élevé que les autres tourbes moins dégradées, notamment parce que l'humine créée lors de la décomposition de la matière organique s'accumule dans le sol et devient des sites d'accueil pour les cations (GOBAT, comm. pers). **L'HISTOAMPHI**, qui est une forme d'humus en évolution, est présent en bordure de haut-marais. Il contient un double fonctionnement biologique, avec une surface peu décomposée suivie d'horizons décomposés. La surface de cette forme d'humus est probablement moins décomposée que les horizons plus en profondeur, non pas à cause de la qualité de la litière (plutôt améliorante), mais de l'épais tapis de mousses qui retient l'eau. Ces mousses, par leur capacité à retenir l'eau, empêchent une efficace biodégradation de la matière organique, et permettent par conséquent la formation d'horizons moins dégradés. Cette forme d'humus peut donc, sur les sites étudiés, être le signe d'une évolution vers des conditions plus humides. Cependant, si les mousses avaient été absentes, cette forme d'humus aurait été très sensible à un assèchement, l'amenant ainsi vers une forme caractérisée par des conditions plus sèches et plus dégradées en surface, **l'HISTOMULL**. Les **HISTOANMOORS**, très présents dans les sites d'étude, sont caractérisés par une dégradation importante de la matière organique par la faune, notamment lors des périodes sèches. Durant ces périodes, les nutriments que cette forme d'humus contient, sont donc efficacement mis à disposition des plantes. Ces formes d'humus sont présentes à l'intérieur ou en bordure de bas-marais entourant des hauts-marais, et/ou en bordure de l'Orbe, ainsi que dans des zones où les conditions environnementales (comme la présence de nappes basses ou de nappes inexistantes et de pH plus élevé) permettent une forte activité biologique, et donc une dégradation de la matière organique. Tout comme les sols (section 3.2), le fait d'avoir des zones tourbeuses dans une vallée soumise à une rivière à courant plus ou moins fort comme l'Orbe, est rare mais contradictoire. En Suisse, seule la région de Rotenthurm et de la Vallée de Joux sont caractérisées par un paysage de tourbières situé à proximité de rivière à méandres. La formation de tourbe étant possible uniquement dans des zones contenant de l'eau stagnante (par exemple dans les bras morts d'anciens méandres), ces deux éléments présents à proximité l'un de l'autre démontre que cette vallée est en perpétuelle modification spatiale, ce qui a ensuite par conséquent une influence sur la typologie des formes d'humus et leur fonctionnement (modifications spatiales, cf. paragraphe 3.3.5, « Facteurs écologiques et diversité des formes d'humus dans les sites étudiés ; GOBAT, 1984 ; CARRERA & BRODARD, 2014). A noter également que la présence de ces zones tourbeuses peut correspondre à d'anciens hauts-marais qui ont été drainés et pâturés et qui sont aujourd'hui des zones tourbeuses en contact avec la rivière (exemple des bas-marais en dessous de la ferme de Praz-Rodet).

L'EPIHISTOFORME (*Epihistic* HISTOFORM), de par sa localisation dans une cuvette inondée, présente des conditions saturées en eau en surface, d'où la formation d'un horizon histique non dégradé.

Cette étude a également permis de détecter des zones en changements, donc possédant des formes

d'humus en évolution ou qui ont subi des modifications par des perturbations environnementales ou autres. Ces formes d'humus semblent en effet traduire un changement puisqu'elles possèdent des ruptures minéralogiques et fonctionnelles illogiques, ainsi que des successions d'horizons ne suivant pas les règles générales. Parmi ces formes d'humus particulières, **les HISTOFORMES avec tendance à l'assèchement en surface (HISTOFORMS (*Dyring up at the surface*))** sont présentes uniquement à La Burtignière à l'intérieur et/ou en bordure de bas-marais entourant des hauts-marais. Ils présentent une dynamique inversée, c'est-à-dire qu'ils possèdent un horizon composé de matière organique très décomposée (Hszo ou Hsnoz) en surface au lieu d'être en profondeur. La succession d'horizon est donc Hs / Hm / Hf. Cette succession d'horizons indique ainsi une forte dégradation de la matière organique en surface. De plus, dans quelques profils, ces horizons histiques sont plus secs et ont un autre aspect que les autres horizons présents en dessous. La dégradation de la matière organique se fait alors en conditons oxiques par la faune ou des micro-organismes aérobies.

Les **HYDROFORMES à tendance TERROFORMES (*Stagnic* TERROFORMS (*Dyring up at the surface*))** sont très abondantes dans les sites d'étude. Ces formes d'humus particulières sont rencontrées dans les trois sites, en bordure de l'Orbe, ainsi que particulièrement dans des prairies à humidité variable (*Molinion*) ou dans des prairies situées plus en périphérie des marais ou des lacs. Situées un peu en hauteur par rapport à ces derniers, elles possèdent toujours un lien avec l'eau, d'où leur nom « HYDROFORME ». Cependant, cette eau n'est pas ou plus du tout présente dans les horizons de surface. En effet, cette surface sèche est non soumise aux eaux des nappes temporaires ou permanentes, permettant ainsi la formation d'horizon A au-dessus des horizons hydromorphes (Ag, g ou G). Ces cas montrent donc que leur surface n'est plus (ou pas) atteinte par les conditions d'hydromorphie présente plus bas dans le profil, et peuvent dans certains cas (pour les milieux très humides jusqu'à la surface) laisser entrevoir un assèchement superficiel en cours. Pour d'autres milieux, comme les prairies à humidité variable (*Molinion*) ou d'autres milieux caractérisé par une végétation déjà plus xérophile à la base, cette forme d'humus peut être trouvée naturellement puisque ces milieux n'ont pas besoin que la nappe atteigne la surface pour se maintenir ou se développer. Cependant, un assèchement n'est pas à exclure.

Les **formes d'humus superposées** sont quant à elles uniquement présentes à La Burtignière, en bordure de l'Orbe, à l'intérieur ou en bordure de bas-marais entourant des hauts-marais, dans des zones autrefois tourbeuses. Elles sont caractérisées par d'anciens horizons histiques qui ont ensuite été recouverts, probablement dans un lointain passé (peut-être durant le Petit Age Glaciaire), par divers apports minéraux provenant des dépôts alluviaux ou colluviaux, provoquant les ruptures minéralogique et fonctionnelle nettes observées sur le terrain.

Facteurs écologiques et diversité des formes d'humus dans les sites étudiés

Cette étude a permis de démontrer que l'ensemble des sites étudiés contient, tout comme les sols (section 3.2), une importante diversité spatiale des formes d'humus, de leur typologie et de leur fonctionnement.

La quantité et la qualité de la litière, les communautés microbiennes et faunistiques, le climat et la roche mère (PONGE *et al.*, 2011), sont connus pour être des facteurs influençant les formes d'humus et leur fonctionnement (PONGE, 2003). De plus, dans les forêts tempérées, la végétation (BERNIER & PONGE, 1994) ainsi que la microtopographie (DWYER & MERRIAM, 1981) sont également des paramètres très importants pour la caractérisation des formes d'humus. Dans cette étude, en plus de ceux démontrés ci-dessus, les formes d'humus des milieux humides sont également dépendantes de **l'intensité de l'engorgement et du pH**. En effet, ces facteurs sont, pour les sites étudiés, les paramètres prépondérants de la diversité des formes d'humus observées et de leur pérennité, influençant la faune et son activité et donc la dégradation de la matière organique et son intégration dans les horizons sous-jacents (Figure 3.3.16). Ceci se traduit notamment par la présence ou l'absence de formes tourbeuses ainsi que par l'existence de formes d'humus typiques de conditions sèches ainsi que de conditions intermédiaires (Figure 3.3.15), ce qui permet d'expliquer les grandes séparations identifiées par le dendrogramme dans la rubrique des résultats. Comme pour la végétation et les sols aux sections précédentes (sections 3.1 et 3.2), le groupement combine deux classifications (une basée sur la ressemblance des relevés ainsi qu'une autre basée sur des critères d'assignement que sont les descripteurs pédologiques) qui ne semblent pas être liées : en effet, un groupe de la classification contient divers types de sols et ceux-ci sont très dispersés à l'intérieur du dendrogramme. Par contre, ce dernier sépare bien les formes tourbeuses saturées en eau pendant plus de six mois par an des autres formes moins saturés en eau.

En détaillant les facteurs contraignant les formes d'humus, on s'aperçoit que cette saturation en eau ainsi que le pH sont influencés de manière combinée et univoque par de nombreux paramètres ou processus répartis spatialement en mosaïque sur les sites étudiés et participant ainsi à la grande diversité de formes d'humus observée (Figure 3.3.15).

(1) La présence de lacs, de rivières ou de nombreux ruisseaux et de tourbières influence grandement cette diversité des formes d'humus, leur fonctionnement ainsi que leur typologie, ceci grâce à leurs nappes, en offrant de nombreux régimes hydriques différents. Ce premier ensemble de facteur participe par conséquent et logiquement à une diversité typologique et fonctionnelle beaucoup plus élevée qu'attendue sous un régime influencé uniquement par des précipitations abondantes ou par un seul système de nappe.

(2) Les très nombreuses et différentes caractéristiques de la roche mère (entre autres substrat imperméable, filtrant ou riches en ions Ca^{2+}) ont également une grande importance sur le niveau d'eau mais également sur le pH du sol et de la forme d'humus et donc sur le fonctionnement de ces deux entités (WILDING & REHAGE, 1985 ; PONGE, 2003 ; PONGE *et al.*, 2011). La texture et la structure des horizons (présence de sables et d'argiles notamment ; structure massive ou non) ont également une grande importance sur le niveau d'eau présent dans le sol et la forme d'humus. Ce point engloble la capacité d'un sol ou forme d'humus à drainer l'eau.
(3) La géomorphologie – regroupant ainsi le relief et la topographie – de par sa diversité importante sur les sites étudiés (cuvettes, buttes, plats, pentes, falaises, etc.), crée une quantité importante de situations différentes propices à des conditions d'engorgement variées (WILDING & REHAGE, 1985) et donc à une grande diversité de formes d'humus. Par ailleurs, liés à cette géomorphologie et topographie locales, des processus tels que le ruissellement, l'alluvionnement ainsi que le colluvionnement, favorisent une diversité fonctionnelle et typologique importante des formes d'humus. Tout comme les sols à la section 3.2, les formes d'humus des marais étudiés sont également fortement influencées par les processus géomorphologiques régnant sur en un endroit donné.
(4) Les pluies tout au long de l'année ainsi que la couverture neigeuse présente en hiver jusqu'au printemps ont également un effet sur l'intensité de l'engorgement dans les formes d'humus par les nappes fluctuant selon les saisons qu'elles engendrent. La grande abondance des formes d'humus de type EUHISTOANMOORS observées dans cette étude démontre notamment cette importance des pluies et de la neige selon les saisons, puisqu'elles sont typiques de conditions fluctuantes et saisonnières. Dans une même mesure, les nombreux jours de brouillards et de brumes régnant sur ces sites de bassins fermés ont également un effet sur cette quantité d'eau et donc sur les formes d'humus. Comme dit au point 2, la quantité d'eau présente dans un sol ou une forme d'humus est ensuite dépendante de la capacité de drainage ou la structure du sol ou de la forme d'humus.
(6) La végétation, et plus précisément par la litière, dont sa qualité influence par l'intermédiaire du pH du sol, l'abondance de faune et micro-organismes et donc le fonctionnement et la typologie de la forme d'humus (TOUTAIN, 1981 ; PONGE, 2003). De plus, la quantité de litière au sol a également une importance dans le déterminisme de la forme d'humus. On peut en effet supposer que moins il y a de litière, plus la décomposition sera efficace menant la forme d'humus vers un MULL (cf. point 8 ci-dessous).
(7) L'homme, a une forte influence sur le contrôle de la quantité d'eau et du pH dans un sol et de la forme d'humus, et ce notamment par les drainages et par l'apport en nutriments (direct ou indirect provenant des pâturages).
(8) Les activités agricoles et notamment la pâture et la présence de bétail ainsi que la fauche a un rôle majeur sur ces deux facteurs. Par les nombreux trous qu'il laisse dans le sol, le bétail peut localement influer sur l'existence d'engorgement dans le sol et la forme d'humus. De plus, la compaction des permiers horizons joue un rôle dans leur structure et donc sur l'intensité d'engorgement (cf. points 2 et 4). Par ailleurs, il peut jouer un rôle sur le pH de ces derniers grâce à ses excréments, par l'apport de cations (IBRAHIMA *et al.*, 2009). De plus, le bétail a également une influence directe sur la dégradation des tourbes, puisqu'il peut, par son passage, exposer la tourbe à l'air oxydant (CHOLET & MAGNON, 2010). Ce facteur semble donc être très important pour la gestion des milieux humides et notamment des zones tourbeuses. Par ailleurs, comme dit au point 6, la quantité de litière a une influence sur la forme d'humus. La quantité de litière présente au sol dépend de la quantité de litière exportée par la fauche et son prélèvement par la pâture.
(9) Les mousses présentes en surface du sol, ont une influence directe sur l'intensité de l'engorgement d'une forme d'humus, puisqu'elles permettent, par leur physiologie, de créer un petit tapis d'eau en suspension. L'exemple le plus parlant est celui des sphaignes et leur capacité à retenir l'eau comme le font les éponges (PAYETTE & ROCHEFORT, 2005). Ces sphaignes ont par ailleurs également un effet sur le pH de la forme d'humus puisqu'elles acidifient le milieu en y excrétant des ions H^+ (GOBAT *et al.*, 2010).
(10) A cela, on peut également ajouter l'effet non négligeable qu'ont les différentes modifications temporelles ou spatiales (pour les modifications spatiales, cf. paragraphe 3.3.5, « Résumé des formes d'humus présentes ») des sites étudiés sur les formes d'humus et leur diversité. Comme précisé dans la section 3.2 sur les sols, les modifications temporelles anciennes et récentes – détectées sur le site de La Burtignière – peuvent également être considérées comme des facteurs importants influençant également la diversité des formes d'humus. En effet, comme cela l'a été démontré par cette étude, des perturbations du régime hydrique ainsi que des apports de minéraux par ruissellement, alluvionnement ou colluvionnement peuvent induire des changements dans les formes d'humus ou créer des situations diverses qui augmentent ainsi les possibilités de ces dernières au niveau fonctionnel et typologique. De plus, ces modifications de régime hydrique ou autre sont également plus aisément détectables grâce à ces formes d'humus comme l'ont supposé plusieurs études (TOUTAIN, 1981 ; PONGE, 2003) et comme l'on peut le voir par cette étude (cf. paragraphe 3.3.5, « Utilité des formes d'humus dans la détection de zones en changement ou modifiées », ainsi que par la section 4.2 de l'approche diachronique).

La variabilité des différents points présentés précédemment reflète la diversité de formes d'humus observées. En effet, on peut également et aisément déclarer que la quantité de ces facteurs en un endroit donné a une influence sur la diversité et la typologie des

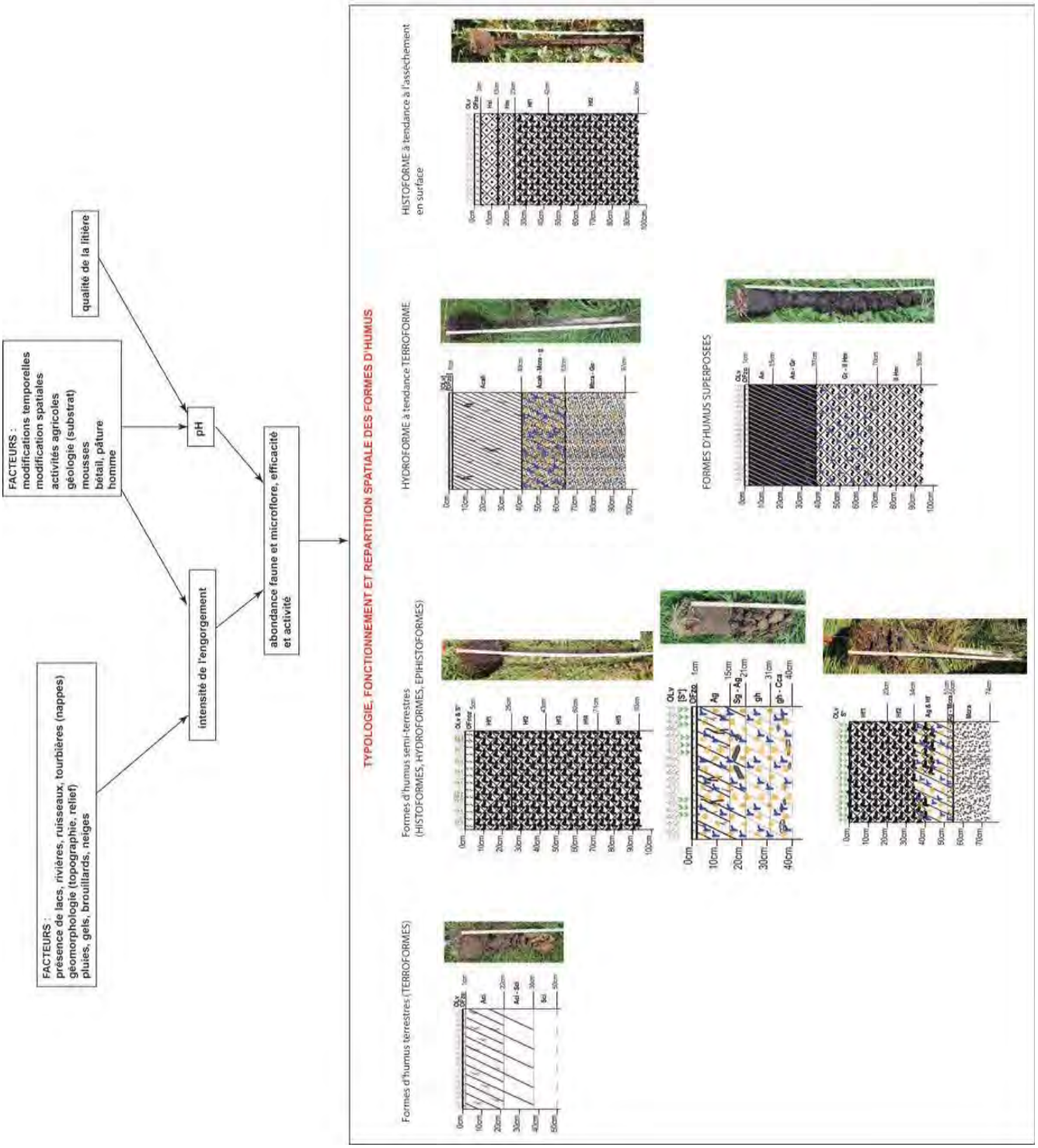


Figure 3.3.15 : Facteurs influençant la typologie et la répartition des formes d'humus trouvées dans les sites d'étude. Seule la typologie selon ZANELLA et al. (2011) est représentée sur cette figure. Pour la correspondance avec JABIOL et al. (2013), voir la légende de la Figure 3.3.7.

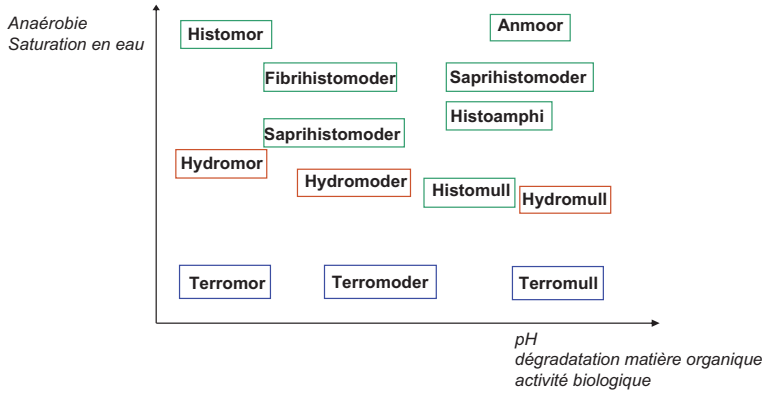


Figure 3.3.16 : Résumé des spécificités des formes d'humus trouvées dans les sites d'étude ou citées dans cette étude. Les axes ont été déduits des résultats obtenus ainsi que de la littérature (ZANELLA et al., 2011).

formes d'humus : en effet, la grande présence de formes d'humus différentes remarquées sur le site de La Burtignière semble en effet être le reflet de cette grande diversité de conditions que ce site contient (milieux différents, rivière, méandres, tourbières, cuvettes, plats, zones en modifications, etc.). Ainsi, ce site contient des types de formes d'humus très différents du point de vue typologique et fonctionnel. A l'inverse, les sites du Sentier et de Chapelle-des-Bois contiennent la moitié moins de diversité de formes d'humus qu'à La Burtignière. Ils sont en effet plus homogènes en ce qui concerne les facteurs écologiques : ils sont caractérisés premièrement par un substrat géologique moins diversifié et plus poreux (composé respectivement de craie lacustre et moraine de fond), et deuxièmement par une topographie plus uniforme. Ainsi, l'engorgement y est majoritairement moins important. De ce fait, ces deux sites sont ceux qui contiennent le plus de formes d'humus plus sèches. A Chapelle-des-Bois, on peut même ajouter un effet du microclimat, qui est connu pour favoriser des espèces subalpines dans cette combe (GALLANDAT, 1982 ; BAILLY *et al.*, 2007), et qui pourrait avoir également une influence sur la dégradation de la matière organique et donc sur la diversité des formes d'humus. Les formes d'humus des marais et plus précisément leur morphologie et leur fonctionnement, dépendent donc de leur position dans un paysage, comme cela a également été constaté pour les sols à la section 3.2., ou alors dans d'autres zones humides (WIDMER, 2013) : une diversité paysagère avec des conditions hydrologiques diversifiées influence donc la formation, le fonctionnement mais également la diversité de ces formes d'humus de milieux humides.

Cette diversité observée de formes d'humus peut également être due, tout comme celle des sols à la section 3.2, à un effet de l'échantillonnage dès le départ. Cependant, comme celui-ci a été fait sur une diversité équilibrée de type de végétation, cela pour pouvoir ensuite caractériser les alliances en question en fonction de leurs sols et de leurs formes d'humus (cf. section 3.4), cette part n'est pas donc pas majoritaire. Ainsi, on peut donc dire que la diversité des formes d'humus tant au niveau fonctionnel, spatial et typologique est principalement due aux conditions écologiques décrites ci-dessus et à leur répartition en mosaïque sur l'ensemble des sites.

Il est également important de mentionner que le paysage actuel, et donc la diversité de formes d'humus observée, a certainement été fortement influencé et façonné par différents processus qui sont intervenus de façon marquée durant le Petit Age Glaciaire. En effet, durant cette longue période, le climat rigoureux et humide à favorisé les inondations et les crues, et par conséquent les processus d'érosion, d'alluvionnement et de colluvionnement. Ceux-ci ont à leur tour joué un rôle primordial par exemple sur la formation et la destruction des méandres et des pentes, et donc sur la mise en place du paysage actuel et le détermisme des formes d'humus.

Utilité des formes d'humus dans la détection de zones en changement ou modifiées

Comme plusieurs études l'ont supposé (PONGE, 2003 ; TOUTAIN, 1981) ou illustré (BERNIER & PONGE, 1994 ; HAVLICEK, 1999), l'utilisation des formes d'humus semble permettre de détecter des changements dans un écosystème. Plus précisément, dans les sites étudiés, les formes d'humus mettent en évidence des zones qui peuvent actuellement être considérées comme étant en évolution ou qui ont subi des modifications par des perturbations environnementales ou autres par le passé. Ceci concerne selon la nomenclature de ZANELLA *et al.* (2011) notamment les HISTOFORMES avec tendance à l'assèchement en surface, les HYDROFORMES à tendance TERROFORMES, ainsi que les EUHISTOANMOORS recouvrant des horizons histiques et les formes d'humus superposées. Il est à nouveau important de garder en tête que cette étude fait partie des études pionnières dans les marais. Ainsi, même si des assèchements ou perturbations environnementales semblent avoir été détectés avec ces observations, on ne peut pas être sûr du moment où cela s'est produit (ancien ou récent), ceci notamment car on n'a aucun moyen de le dater ni aucun point zéro sur lequel on pourrait se baser. Comme dit

précédemment, des études futures ou complémentaires seront nécessaires pour valider ou non les types de formes d'humus hydromoprhes ainsi que leur fonctionnement. De plus, cette étude pourrait être le point zéro pour une future étude dans ces marais.

Pour les HISTOFORMES avec tendance à l'assèchement en surface (HISTOFORMS (*Drying up at the surface*)), il semble que le niveau d'eau provenant de la nappe ne parvienne plus à atteindre les horizons de surface, ou alors que l'évapotranspiration du milieu est augmentée. Cet assèchement a alors entraîné une minéralisation des horizons supérieurs, en les exposant à l'air et à l'activité de la faune et des champignons aérobies. Elle peut être caractéristique d'une dynamique particulière de ces écosystèmes tourbeux menant à long terme vers une détérioration de ces milieux, et ce notamment si le taux de dégradation de la matière organique devient supérieur à l'accumulation ou conservation de cette dernière.

Les HYDROFORMES à tendance TERROFORMES (*Stagnic* TERROFORMS (*Drying up at the surface*)) peuvent laisser entrevoir ou non un assèchement en surface : (1) si cette forme d'humus est présente dans des milieux ayant besoin d'une saturation en eau jusqu'à la surface comme dans les hauts-marais, alors elle est vraisemblablement le signe d'un assèchement superficiel ; (2) si cette forme est présente dans d'autres milieux originellement plus secs ou supportant un assèchement superficiel, comme les prairies à humidité variable (*Molinion*) ou dans certains bas-marais basophiles (*Caricion davallianae*), il est plus difficile de prétendre que cette forme d'humus soit synonyme d'un assèchement, puisque ces milieux n'ont pas besoin que la nappe atteigne la surface pour se maintenir ou se développer.
Dans les cas où cette forme d'humus représente un assèchement, la présence de cette surface plus sèche ne provient pas globalement de plus faibles quantités de précipitations. Au contraire, ces dernières ont tendance à rester plus ou moins stable depuis 1864 jusqu'à aujourd'hui (source : http://www.meteosuisse.admin.ch). Cependant, ces pluies tendent à ne plus être réparties de façon homogène tout au long de l'année. Il est possible que cela soit des événements extrêmes qui ont permis à des processus d'être mis en place et donc au système pédologique d'être dynamisé. Par exemple, les périodes exceptionnellement sèches, comme cela a été le cas par exemple en en 2003 ou 2011, qui ont présenté une période prolongée de sécheresse en été. A cette époque, le niveau du lac de Joux et de l'Orbe était à un niveau très bas, plus de 2 mètres en dessous de la norme (source : http://www.hydrodaten.admin.ch). La nappe du lac (ou de l'Orbe) s'abaissant, elle a engendré une baisse du niveau d'eau dans la zone des marais, ce qui s'est encore plus ressenti dans les zones situées un peu plus en hauteur par rapport aux lacs ou aux rivières. Cet assèchement peut également être une réponse à la régulation du niveau des lacs et rivières dans un but d'évitemement d'innondations des zones habitées lors de forts événements pluvieux. Si il y a eu un quelconque changement dans le karst, il peut également provenir d'une disparition progressive des eaux de la nappe dans les nombreuses fissures karstiques (ou de drainages parfois). Ces conditions particulières de régime hydrique permettent ainsi une dégradation plus efficace de la litière et une intégration rapide de cette matière dégradée dans l'horizon A sous-jacent. Dans le futur, si ces zones s'assèchent d'avantage, on pourrait perdre le caractère marécageux de la végétation. Cependant, si les conditions climatiques ou même anthropiques ne changent pas, il est fort probable que ces zones restent comme elles le sont aujourd'hui. A noter aussi qu'un assèchement, surtout dans les sites étudiés, peut être causé par une évapotranspiration augmentée induite par un abandon de la fauche (HORTON, 1973).

De nombreuses formes d'humus ont présenté un recouvrement d'un horizon histique par un horizon non histique (donc minéral), particulièrement dans quelques EUHISTOANMOORS (successions An / H). Ceci laisse supposer que ces successions particulières d'horizons indiquent un changement de fonctionnement de la forme d'humus résultant d'une modification des conditions écologiques. Par le passé, la présence d'une eau stagnante dans ces endroits a permis la formation d'horizons histiques. Ces derniers ont ensuite été recouverts (successivement ou non) par des dépôts alluviaux et ont également subi un assèchement périodique notamment grâce à une déconnexion partielle du sol de la nappe. Ces événements ont ainsi permis la formation d'un horizon An, composé d'une quantité importante de matière organique biodégradée (turnover rapide en été et donc recyclage efficace des nutriments pour les plantes), notamment parce que les conditions n'ont plus permis à la matière organique d'être entièrement conservée. Ces zones ont donc subi, et continuent vraisemblablement à subir, une détérioration de leur caractère tourbeux. Selon les conditions environnementales (apports d'eau notamment), il est ainsi possible que dans le futur, cet horizon An très organique et « nutritif » conduise à des changements de végétation dans la zone, en permettant, grâce au turnover rapide de la matière organique, le développement d'une flore plus nitratophile que celle qui existait par le passé. Des cas ont déjà été observés, notamment une transition d'une flore de bas-marais vers une flore de prairie marécageuse (exemple dans cette étude avec les sondages 1514 et 1573, respectivement dans un pâturage au bord d'un ruisseau, et en bordure d'un bas-marais entourant un haut-marais ; cf. section 4.2. de l'approche diachronique ; cf. Annexes A.5).

En ce qui concerne les formes d'humus superposées, ces dernières se trouvent uniquement à La Burtignière, signe que ce site est très affecté par les changements et les évolutions des marais. Localisées à l'intérieur ou en bordure directe de bas-marais entourant des hauts-marais, ces formes d'humus étaient par le passé des

formes tourbeuses. Ces horizons histiques ont ensuite été recouverts par des apports minéraux provenant des dépôts alluviaux ou colluviaux peut-être issus de la période du Petit Age Glaciaire. Ces apports ont provoqué une déconnexion des horizons supérieurs du sol de l'eau de la nappe située en profondeur. Des horizons moins saturés en eau, donc non histiques, se sont donc formés. La dégradation ainsi que le turnover de la matière organique y est par conséquent plus efficace, permettant par exemple, grâce au turnover rapide de la matière organique, le développement d'une flore plus nitratophile que celle qui existait par le passé. Ces zones ont donc subi, comme précédemment, une évolution allant vers une dégradation de l'écosystème. Comme précédemment, des cas de changement de végétation ont déjà été observés directement sur le terrain, avec une transition d'une flore de bas-marais vers une flore de prairie marécageuse (cf. section 4.2. de l'approche diachronique ; cf. Annexe A.5).

Les résultats obtenus dans cette étude semblent permettre d'exposer, comme d'autres études effectuées dans d'autres milieux que les zones humides (BERNIER & PONGE, 1994 ; PONGE, 2003 ; PINTO *et al.*, 2007 ; EGLI *et al.*, 2009 ; PONGE *et al.*, 2011), que les formes d'humus, de par leur typologie et leur mode de fonctionnement sont des intégrateurs importants de l'ensemble des conditions d'un milieu mais aussi de ses modifications (TOUTAIN, 1981 ; PONGE, 2003 ; JABIOL *et al.*, 2007). Elles s'avèrent être par ailleurs bien plus explicatives des changements que ne le sont les sols, puisqu'elles sont aux premières loges et sont le lieu de la transformation et de l'évolution de la matière organique. De plus, puisqu'elles sont situées en surface d'un profil, les formes d'humus sont plus facilement atteignables. Ceci semble donc justifier l'utilisation des formes d'humus dans l'étude diachronique, dans un but de détection des causes des changements de végétation (cf. section 4.2, approche diachronique).
De toute façon, comme cela a déjà été dit, le fait de ne pas avoir de point de comparaison pour ces formes d'humus sur les sites d'étude est certes problématique pour la datation des modifications. Cependant, autant utiliser ce qui est à notre disposition plutôt que de ne rien faire, surtout lorsqu'il s'agit d'étude pionnière en milieu humide.

Modifications nécessaires dans les clés de détermination actuelles

Comme il a été démontré dans cette étude, de nombreux cas, pourtant bel et bien observés sur le terrain, ne sont pas ou très peu pris en compte dans les clés de détermination actuelles. L'exemple le plus frappant est la prise en compte de doubles rattachements comme cela l'est en pédologie. Ces derniers ne sont pas du tout considérés dans les formes d'humus, alors que, comme on vient de le voir, ces cas semblent être plus fréquents que cela dans les écosystèmes. De plus, de nombreux critères sont trop stricts, ce qui rend le rattachement à des formes d'humus trop imprécis.

Par ailleurs, la clé de JABIOL *et al.* (2013) est une clé qui tend à harmoniser les critères des formes d'humus avec celles des sols au niveau international (IUSS WORKING GROUP WRB, 2006). Il n'y a donc aucune raison de ne pas également baser ces clés de détermination sur le *Référentiel Pédologique* (BAIZE & GIRARD, 2009), notamment en ce qui concerne les doubles rattachements. Ces modifications, en plus d'apporter plus de précisions sur le fonctionnement des formes d'humus, permettraient également d'harmoniser ces formes d'humus avec le *Référentiel pédologique* (BAIZE & GIRARD, 2009).

Bien sûr, tous les cas proposés ici devront être vérifiés ailleurs dans des contextes variés avant de pouvoir entre officiellement dans les clés.

3.3.6 Conclusion

Cette étude a permis de démontrer que les sites d'étude contiennent une diversité importante de formes d'humus, et ce sur une surface assez petite, comme pour les sols (à la section 3.2). Cette diversité est principalement due à l'existence et à la répartition hétérogène *in situ* de nombreuses conditions écologiques influençant l'intensité de l'engorgement et le pH de l'endroit concerné, et par conséquent la dégradation de la matière organique. De plus, toutes ces diverses conditions ont également, et plus généralement, une importance sur le paysage, puisqu'une quantité importante ainsi qu'une répartition en mosaïque de ces facteurs *in situ* permettent d'avoir un paysage diversifié fonctionnellement et typologiquement (GOBAT, 1984). Celui-ci a par ailleurs été fortement façonné et influencé par les divers processus ayant eu lieu durant la période du Petit Age Glaciaire.

Faisant partie des études pionnières en milieux humides, elle a également permis, en plus d'apporter une meilleure connaissance de ces formes d'humus, de mettre en évidence toute l'importance qu'elles ont dans une étude écosystémique. En effet, de par leurs liens privilégiés entre la végétation et le sol, les formes d'humus semblent permettre une meilleure compréhension du fonctionnement actuel des zones humides. Elles ont aussi un rôle important à jouer dans la détection et la prévision de nombreux changements de fonctionnement d'un écosystème (potentiellement récents, en cours et plus anciens). En effet, selon ce qui a été observé dans cette étude, des zones présentes en bordure de hauts- et/ou de bas-marais semblent se détériorer ou s'être détériorés à cause de conditions moins favorables à la conservation de la matière organique (par assèchement, apport de minéral, dégradation de matière organique et/ou déconnexion de la nappe), laissant place vraisemblablement sur le long terme à une autre flore.

3.4 Relations entre la végétation, les sols et les formes d'humus

3.4.1 Introduction

Les sols et la végétation sont interconnectés par des relations complexes. En effet, le développement de la végétation est influencé et déterminé par de nombreux facteurs du sol, notamment par ses caractéristiques physiques et chimiques. Le sol, en plus d'abriter une quantité impressionnante de micro- et de macro-organismes, fournit à la végétation des éléments essentiels à sa croissance et à sa production, comme un support d'ancrage, une réserve de nutriments, d'eau et d'oxygène (GALLANDAT, 1982 ; GOBAT, 1984 ; BRESSOUD & GIUGNI, 1996 ; GROSVERNIER, LUGON, & MATTHEY, 1997 ; DELARZE & GONSETH, 2008). De plus, ce sont fréquemment les contraintes du sol comme l'insuffisance en nutriments ou en oxygène qui conditionnent le développement de la végétation. En échange, la végétation, d'une part protège le sol de l'érosion, et d'autre part affecte les caractéristiques de ce dernier, notamment l'humidité (BRANT *et al.*, 2010) et la teneur en nutriments par le type de litière et sa dégradation. Un déséquilibre ou un changement dans ces feedbacks dus au climat ou aux activités humaines, comme une dégradation des sols ou une modification de la végétation, peut avoir de grandes répercussions sur les fonctions et les caractéristiques respectives de ces deux compartiments de l'écosystème (BECKER, 1972).

Les études sur les relations entre les sols et la végétation ont un double avantage (BECKER, 1972) : en plus d'apporter des informations écologiques sur les sols et la végétation séparément, elles apportent de nombreuses informations sur la dynamique et l'équilibre de ces milieux (BECKER, 1972). Elles sont donc de précieux outils dans la gestion des écosystèmes, car elles permettent de mettre en exergue l'influence de l'homme. Ceci est encore plus important pour les milieux humides, très fragiles, qui ont subi et subissent encore une multitude de dérèglements de nature anthropique ; ils en portent encore les stigmates aujourd'hui (comme les drainages et l'assèchement ou l'exploitation de tourbe dans les tourbières notamment).

De manière générale, les études scientifiques se focalisant uniquement sur ces relations réciproques entre les sols et la végétation mais sans considérer les formes d'humus, sont nombreuses et ont notamment été conduites dans plusieurs écosystèmes naturels différents, comme les forêts et autres milieux secs en zones tempérées (GENSAC, 1977), les milieux salins (LI *et al.*, 2008) et les forêts tropicales (CHEN *et al.*, 1997 ; RUGGIERO *et al.*, 2002 ; ENI *et al.*, 2012). En milieux humides, quelques études ou documents scientifiques apportent des informations sur les rapports entre les sols et les types de végétation, notamment dans les Préalpes suisses (GIUGNI, 1991 ; *Caricion davallianae* : LEUPI, 1994 ; *Molinion* : EGLOFF, 1994 ; *Calthion* et *Filipendulion* : CHARLIER, 1996 ; *Caricion davallianae* et *Caricion fuscae* : BRESSOUD & GIUGNI, 1996 ; *Magnocaricion* : LEUTHOLD, 1996 ; *Rhynchosporion* : ZIMMERLI, 1996). D'autres études ont été effectuées dans des forêts hygrophiles de Lorraine (BECKER, 1972), dans les marais du Poitevin (TOURNADE & BOUZILLÉ, 1991) ou au bord du lac de Neuchâtel en Suisse (BUTTLER, 1987) ou dans des zones marécageuses américaines (DUNN & STEARNS, 1987 ; SEGAL *et al.*, 1987 ; SCOTT *et al.*, 1989 ; FLYNN *et al.*, 1999). Elles arrivent toutes à la même conclusion : la répartition de la végétation est influencée prioritairement par l'eau et notamment par la profondeur et le battement des nappes (BUTTLER, 1987), ainsi que par des facteurs plus anthropiques comme le tassement des sols et d'autres perturbations (BECKER, 1972 ; TOURNADE & BOUZILLÉ, 1991).

Dans le Haut-Jura, qui comprend la région qui nous intéresse dans cette étude, à savoir la Vallée de Joux en Suisse et Chapelle-des-Bois en France (cf. paragraphe 3.4.2, « Sites d'étude »), des études ont été effectuées mettant en évidence que les écosystèmes du Haut-Jura sont plus ou moins dépendants de la géologie régionale, notamment des roches calcaires et de leurs propriétés (BRUCKERT & GAIFFE, 1980, 1990 ; MICHALET, 1982 ; GAIFFE & BRUCKERT, 1985 ; MICHALET & BRUCKERT, 1986 ; GAIFFE, 1987). Globalement, au niveau de la végétation dans les milieux humides du Haut-Jura, quelques auteurs ont étudié les différents milieux présents dans une zone assez large (GALLANDAT, 1982 ; FELDMEYER-CHRISTE, 1990 ; BAILLY *et al.*, 2007 ; FERREZ *et al.*, 2011 ; MAIBACH, 2013 ; cf. section 3.1) ou dans une portion restreinte de la Vallée de Joux (tourbières de Praz-Rodet et Burtignère ; GOBAT, 1984 ; CARRERA & BRODARD, 2014). Quelques études ciblées sur les sols ont été effectuées dans quelques zones humides que cette vallée contient (GOBAT, 1984 ; cf. section 3.2), mais également dans la région de Frasne-Bonnevaux (GAIFFE, 1978). Cependant, concernant les formes d'humus, les connaissances y sont quasi inexistantes : uniquement deux études les ont récemment décrites, la première dans une zone très restreinte de tourbières présente à la Vallée de Joux (CARRERA & BRODARD, 2014), et la deuxième effectuée pour cette thèse dans une partie plus grande, regroupant des sites de la Vallée de Joux et de Chapelle-des-bois en France (cf. section 3.3). En ce qui concerne les relations entre les sols et la végétation de zones humides du Haut-Jura, celles-ci ont été étudiées par exemple dans quelques tourbières du Jura (GOBAT, 1984), mettant en évidence que cette végétation est clairement dépendante du facteur hydrique ainsi que des caractéristiques de l'endroit en question. Cependant, hormis cette étude, aucune n'a vraiment effectué d'analyses précises faisant ressortir les besoins écologiques de chaque milieu grâce aux sols.

Les formes d'humus sont malheureusement très peu voire pas du tout employées et utilisées dans ces relations sol-végétation que cela soit en milieux humides ou en milieux plus secs ou forestiers (BERNIER & PONGE, 1994 ; HAVLICEK, 1999; BERNIER & GILLET, 2012). Ainsi, au vu de la littérature existante, il manque donc des études prenant

en compte, de manière plus systématique, les formes d'humus dans ces relations sols-végétation.
De par leur situation à l'interface sol – végétation, les formes d'humus sont intéressantes à utiliser dans une étude examinant les relations entre les sols et la végétation. En effet, elles peuvent apporter encore plus de précisions sur les relations entre le sol et la végétation, ainsi que sur l'équilibre, la dynamique actuelle et passée et l'état de conservation d'un milieu ou d'un type de végétation (PONGE, 2003 ; PONGE & CHEVALIER, 2006).

Les formes d'humus correspondent à la partie supérieure du sol, c'est-à-dire le siège de la transformation de la matière organique fraîche, plus précisément l'endroit où se rencontrent et se lient la matière organique et la matière minérale grâce à la faune du sol (PONGE, 2003 ; GOBAT *et al.*, 2010). Cette partie supérieure du sol comprend donc l'ensemble des horizons allant des horizons organiques (holorganiques : horizons O ; histiques : horizons H) aux horizons organo-minéraux (A). Ces différents horizons ont des fonctionnements particuliers qui dépendent entre autres des conditions environnementales régnant à la surface, au niveau de la végétation et de l'atmosphère ainsi que dans le sol (BAIZE & GIRARD, 2009 ; GOBAT *et al.*, 2010 ; PONGE, 2013). Selon ces conditions, la transformation de la matière organique, ainsi que son incorporation à la matière minérale présente dans le sol, sera différente. La forme d'humus est donc révélatrice du fonctionnement actuel et de la biodiversité du milieu, et est un intégrateur primordial des facteurs influençant la transformation et la régulation de la matière organique ainsi que son intégration à la matière minérale (efficacité et activité biologique, énergie lumineuse et thermique, présence ou non d'eau, pH et qualité de la litière, climat, géologie ; (BAIZE & GIRARD, 2009 ; PONGE *et al.*, 2011 ; PONGE, 2013). La modification de l'un de ces facteurs (par exemple dans la composition de la faune du sol ou de la végétation) va d'abord se traduire par un changement de la forme d'humus puis du sol (BERNIER & PONGE, 1994 ; PONGE, 2012, 2013) avec le temps. Ces formes d'humus peuvent être classifiées en différents types morpho-fonctionnels qui diffèrent selon les horizons diagnostiques et leur fonctionnement (ZANELLA *et al.*, 2011 ; JABIOL *et al.*, 2013 ; Tableau 3.4.1).

Le but de cette section est d'identifier, selon l'échantillonnage mis en place, les relations existant entre le type de végétation (alliance, association ou sous-association), le sol et la forme d'humus dans quelques marais étudiés, situés à la Vallée de Joux et à Chapelle-des-Bois. Dans cette étude, il s'agit donc de combler les manques concernant l'utilisation des formes d'humus dans l'étude des relations entre les sols et la végétation, tout en faisant ressortir les besoins écologiques de chaque milieu, leur fonctionnement (actuel et passé), ainsi que leur état de conservation. Ceci permet d'avoir une caractérisation de chaque alliance végétale (parfois association et sous-association) en fonction de ses sols et de ses formes d'humus.
Quelles sont donc les relations entre la végétation, les formes d'humus et les sols dans les marais des sites étudiés ? Qu'indiquent ces relations, et particulièrement l'utilisation des formes d'humus sur le fonctionnement ainsi que l'état de conservation de ces écosystèmes ?
Afin de répondre à ces questions, dans un premier temps, des relevés phytosociologiques ainsi que des sondages pédologiques (sols et formes d'humus) ont été effectués. Dans un deuxième temps, des analyses de redondance (RDA) ont été effectuées entre végétation-sols-formes d'humus afin d'identifier les variables de la matrice sol et de la matrice forme d'humus qui expliquent le plus les différentes alliances végétales. A la fin, **une caractérisation de chaque alliance végétale en fonction de ses sols et de ses formes d'humus (conditions de croissance) ainsi que l'état de conservation de chacune d'elles sont ainsi obtenus.** L'état de conservation représente l'état actuel du milieu concerné (est-il stable ou au contraire, est-il menacé actuellement ? Ceci sera montré grâce à l'utilisation des formes d'humus ainsi que la composition florsitique des différents milieux).

3.4.2 Matériel et méthodes

Sites étudiés

Trois sites présents dans le Haut-Jura et localisés à environ 1000 m d'altitude sont étudiés : deux sont situés en Suisse et le troisième en France (Figure 3.4.1).

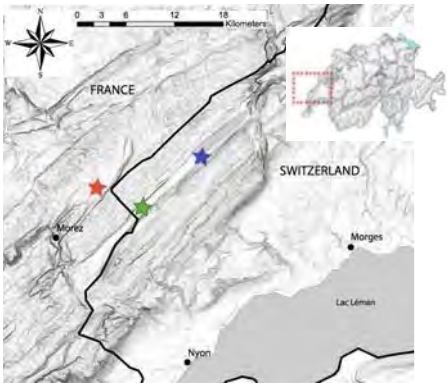


Figure 3.4.1 : Localisation des sites d'étude. En rouge, le site de Chapelle-des-Bois en France ; en bleu, le site du Sentier et en vert, le site de La Burtignière à la Vallée de Joux en Suisse. Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).

Pour la partie suisse, les zones humides concernées se trouvent dans la Vallée de Joux (canton de Vaud), et plus précisément à La Burtignière (Ouest de la Vallée de Joux) et au Sentier (embouchure de l'Orbe dans le lac de Joux). En France, ce sont les marais et tourbières de Chapelle-des-Bois qui sont étudiés (départements du Doubs et Jura en Franche-Comté).
Le climat du Haut-Jura est caractérisé par de fortes pluies (1500 à 1800 mm de pluies par an) ainsi que par des températures assez basses (moyenne annuelle de 5 à 6°C) tout au long de l'année (GALLANDAT, 1982 ; BAILLY *et al.*, 2007). Historiquement, la Vallée de Joux et le site de Chapelle-des-Bois, ainsi qu'une majorité du Jura suisse et français, ont été recouverts par la calotte glaciaire

jurassienne durant la glaciation würmienne (70'000 – 20'000 ans av. J.-C.). Cette calotte, en se retirant lentement, a laissé derrière elle des buttes morainiques ainsi qu'un matériel peu perméable, qui, avec les conditions climatiques rigoureuses et pluvieuses, ont permis la formation de tourbières et de lacs glaciaires.

Géologiquement, la Vallée de Joux est un synclinal dont la séquence stratigraphique, majoritairement calcaire, montre une succession de matériel calcaire du Jurassique et du Crétacé ainsi que de la molasse du Tertiaire et des dépôts glaciaires très bien préservés du Quaternaire (BICHET & CAMPY, 2009). C'est un bassin fermé au fond duquel coule l'Orbe, une rivière partant du lac des Rousses en France et – sous son nouveau nom de Thielle – se jetant dans l'Aar en Suisse en ayant passé par les lacs de Joux, de Neuchâtel et de Bienne. Le site de Chapelle-des-Bois, à cheval sur deux départements (Jura et Doubs), se situe dans un anticlinal érodé (l'anticlinal du Risoux), et repose sur des marno-calcaires du Jurassique. Il comporte deux petits lacs glaciaires, le lac des Mortes ainsi que le lac de Bellefontaine, posés dans une cuvette comblée par des dépôts glaciaires du Quaternaire (argiles notamment). Ce site est également considéré comme un bassin fermé de par la présence d'une moraine transversale au sud de ces lacs. De plus, ces deux petits lacs sont reliés par un ruisseau, le ruisseau des Mortes (BAILLY *et al.*, 2007).

Ces trois sites d'étude comportent ainsi une grande diversité de paysages et de milieux végétaux selon la topographie ou le matériel géologique. Par ailleurs, ils figurent dans plusieurs inventaires fédéraux pour la partie suisse (ORDONNANCE SUR LES HAUTS-MARAIS, 1991 ; ORDONNANCE SUR LES ZONES ALLUVIALES, 1992 ; ORDONNANCE SUR LES BAS-MARAIS, 1994 ; ORDONNANCE SUR LES SITES MARÉCAGEUX, 1996) ainsi que dans le réseau Natura 2000 pour la partie française (NATURA 2000, 1992).

Acquisition des données

L'échantillonnage des relevés/profils s'est fait à partir des relevés de GALLANDAT (1982) (cf. section 2.2). Ceux-ci ont été relocalisés avec l'aide d'ArcGIS (ESRI, 2011) sur des photos aériennes actuelles et anciennes ainsi que sur les cartes phytosociologiques géoréférencées de GALLANDAT (1982) (Annexe A.1), grâce aux informations écrites et graphiques laissées par GALLANDAT (1982) dans ses cahiers de terrain ainsi que sur ses cartes phytosociologiques. Une fois les relevés géoréférencés sur ArcGIS, une première liste de 300 relevés, tous sites confondus, a été extraite, comportant notamment les coordonnées géographiques des relevés ainsi que l'alliance phytosociologique selon GALLANDAT (1982). De cette liste initiale, seuls les relevés propres à cinq alliances (*Caricion davallianae*, *Caricion fuscae*, *Molinion*, *Calthion* et *Filipendulion*), ayant une surface égale ou supérieure à 10 m^2 et possédant une information complète (dates, recouvrement, croquis pour faciliter la relocalisation), ont été conservés. Puis, un choix aléatoire dans R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, v. 3.0.2, 2013) d'environ 25 à 30 relevés a été fait pour chacune des cinq alliances phytosociologiques, avec la contrainte d'avoir au moins un relevé par association ou variante. Ainsi, une liste finale des relevés à revisiter en été 2012-2013 a été établie, et comportait pour chacun d'eux, les coordonnées géographiques, la surface, le recouvrement, et d'autres indications ou remarques de GALLANDAT (1982). Sur le terrain, quelques relevés ont été abandonnés généralement du fait d'un accès peu aisé. Ainsi, au total, 117 relevés anciens (GALLANDAT, 1982) ont été relocalisés et ré-échantillonnés en été 2012 et 2013 (69 à La Burtignière, 23 sur le site du Sentier et 25 à Chapelle-des-Bois). Le point exact de l'emplacement de chaque relevé a été établi grâce à un GPS Garmin, avec une précision de 3 m.

Végétation

Après une vérification visuelle de l'homogénéité de la zone trouvée, un carré de 25 m^2 (5 x 5 m) fut délimité sur le sol, avec les coordonnées ciblées positionnées en bas à gauche du carré, en fonction de l'orientation donnée en Annexe A.5 (explication plus détaillé donnée dans cette Annexe). Une fois le relevé relocalisé et préparé sur le terrain, la liste de toutes les plantes contenues dans le carré a été établie (AESCHIMANN *et al.*, 2005 ; LAUBER *et al.*, 2007 ; EGGENBERG & MÖHL, 2008), ainsi que leur recouvrement absolu (correspondant à la projection verticale de chaque plante sur le sol) et leur sociabilité respectifs, selon l'échelle modifiée de BRAUN-BLANQUET (BRAUN-BLANQUET, 1964 ; Tableau 3.4.1 ; cf. section 2.3). Les recouvrements de roches, de sol nu, de mousses et d'eau ont également été estimés sur l'ensemble du relevé.

Tableau 3.4.1 : Dominance (recouvrement absolu) des plantes selon l'échelle modifiée de BRAUN-BLANQUET (1964), avec le recouvrement absolu moyen utilisé.

ECHELLE DE BRAUN-BLANQUET	ESTIMATION DE LA DOMINANCE (%) DE CHAQUE PLANTE	RECOUVREMENT ABSOLU MOYEN (%)
r	1 ou 2 individus	0.01
+	< 1	0.5
1	1 - 5	3
2a	6 – 15	10
2b	16 – 25	20
3	25 - 50	32
4	50 - 75	57
5	> 75	90

Le rattachement de chaque relevé à des unités phytosociologiques (ici au synsystème décrit et étudié par GALLANDAT (1982) dans sa thèse ; Annexe A.2) s'est fait sur un consensus entre la classification obtenue par Phytobase 8 ((GILLET, 2010)), ainsi que l'utilisation des ouvrages phytosociologiques d'OBERDORFER (1983, 1992, 1993), de FERREZ *et al.* (2011), ou le *Guide des milieux naturels de Suisse : Ecologie, menaces, espèces caractéristiques* (DELARZE & GONSETH, 2008) (cf. paragraphe 2.3.3)

Tableau 3.4.2 : Liste des descripteurs prélevés sur le terrain, avec une explication pour chacun d'eux.

DESCRIPTEURS	EXPLICATION
Epaisseur des horizons (cm)	L'épaisseur de chaque horizon présent dans le profil a été calculée en fonction des profondeurs d'apparition des couches. Le symbole « & » signifie que l'horizon situé après le « & » est en poche ou en mosaïque dans l'horizon principal. Ainsi, l'épaisseur de l'horizon situé après le « & » a été fixée à 2 cm, en concordance avec tous les sondages effectués. Le symbole « - », signifie une transition entre deux horizons. Dans ce cas, l'épaisseur de chacun des deux horizons a été fixée à la moitié de l'épaisseur totale de ces deux horizons. Une épaisseur de 0 signifie l'absence de l'horizon en question.
Niveau d'humidité	Le niveau d'humidité au jour de la description a été estimé dans chaque horizon, selon une échelle spécialement créée : 0 = sec ; 1 = mouillé sans eau qui sort de la masse de sol ; 2 = eau sort lors d'une grande pression ; 3 = eau sort lors d'une petite pression ; 4 = dégouline d'eau.
Présence de carbonates (absence, décarbonaté ou carbonaté)	Dans chaque horizon, la présence et l'absence de carbonates a été attestée par l'effervescence à l'HCl 6M dans tous les horizons du profil. L'échelle d'effervescence à l'HCl est : 0 = pas de réaction ; 1 = faible réaction non visible mais audible, 2 = réaction faible visible ; 3 = réaction moyenne visible ; 4 = réaction forte visible (Annexe B.9.1). Trois cas sont possibles : a) Un horizon est carbonaté et suffixé « ca » en présence d'une effervescence à l'HCl de 2/4 à 4/4. b) Un horizon est décarbonaté mais calcique est suffixé « ci » si : - l'effervescence est de 1/4 (décarbonatation en cours) ; - l'effervescence est de 0/4 ET qu'un horizon carbonaté est présent directement (ou non) en dessous sans rupture minéralogique et/ou lithologique nette et apparente (dépôts de minéral par alluvionnement, colluvionnement ou autre). c) La présence d'un horizon ni carbonaté, ni calcique (donc sans suffixe) est attestée : - lorsque l'effervescence est de 0/4 ET qu'il n'y a pas d'horizon carbonaté en profondeur ; - lorsque l'effervescence est de 0/4 ET qu'il y a un horizon carbonaté présent directement (ou non) en dessous de l'horizon concerné ET qu'il y a présence de rupture minéralogique et/ou lithologique nette et apparente (apport de minéral).
Texture	La texture de chaque horizon a été estimée à la main, afin de détecter la présence d'argiles, de sables et de limons (exemple en Annexe B.9.1).
Indice de dégradation de von Post	Uniquement pour les horizons histiques (H). L'échelle de von Post va de 1 à 10 (1 : pas de décomposition ; 10 = décomposition totale) ; elle permet d'estimer la dégradation de la matière organique des horizons histiques selon des critères figurant dans l'Annexe B.9.7.
Structure	La structure de chaque horizon (quand cela est possible) a été estimée à la main. Pour les horizons organo-minéraux : micro-, méso-, macroagrégé ou massif, collant. Pour les horizons structuraux S : polyédrique ou subpolyédrique. Pour les horizons minéraux : particulaire ou massif (Annexe B.9.1).
Coordonnées	Coordonnées GPS (Garmin) de chaque sondage pédologique. La coordonnée a été prise à l'endroit de chaque sondage avec une précision de 3 m.
Pente	La pente de chaque emplacement pédologique a été mesurée grâce à la boussole.
Exposition	L'exposition de chaque emplacement a été mesurée grâce à la boussole en se mettant dos à la pente (Annexe A.5).
pH Hellige	Le pH de chaque horizon a été mesuré grâce au kit pH Hellige. Un peu de terre fine est mélangée à quelques gouttes de la solution liquide du kit. La couleur est ensuite comparée à l'échelle, ce qui fournit une estimation du pH.
Présence (1) ou absence (0) de faune, de mousses ou de mycélium	Dans chaque horizon, la présence ou l'absence de faune, de mousses ou de mycélium a été attestée.

Tableau 3.4.3 : Liste des formes d'humus avec leurs séquences d'horizons diagnostiques, selon la clé de ZANELLA et al. (2011), et celle de JABIOL et al. (2013) en souligné.

FORME D'HUMUS (ZANELLA *et al*., 2011)		(JABIOL *et al*., 2013)	SÉQUENCES D'HORIZONS DIAGNOSTIQUES
HISTOFORMES (HISTOFORMS) : formes semi-terretres saturées en eau durant > six mois par an			**H or Aa**
HISTO-ANMOOR	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR	Aa et seul
	SAPRIHISTOANMOOR	SAPRIANMOOR	Hszo / Aa dominant ; avec Hszo < Aa
	LIMIHISTOANMOOR	LIMIANMOOR	Hsl / Aa dominant ; avec Hsl < Aa
HISTOMULL	LIMIHISTOMULL	LIMIMULL	Hsl dominant / Aa jamais dominant ; absence Hf ou Hm
	SAPRIHISTOMULL	SAPRIMULL	Hszo dominant / év. Hsnoz ; absence Hf ou Hm
HISTOAMPHI	HUMIHISTOAMPHI	HUMIAMPHI	Hm / Hszo dominant ; Hf absent, Hsl possible
	MÉSIHISTOAMPHI	MESIAMPHI	Hf / Hm / Hszo dominant ; avec Hszo > Hf > Hm ; Hsl possible
	FIBRIHISTOAMPHI	FIBRIAMPHI	Hf / Hszo dominant ; Hm absent ; Hsl possible
HISTO-MODER	SAPRIHISTOMODER	SAPRIMODER	Hm / Hsnoz dominant ; Hf absent
	HUMIHISTOMODER	HUMIMODER	Hm dominant / Hsnoz ; Hf absent
	MÉSIHISTOMODER	MESIMODER	Hf d'épaisseur < 1/3 épaisseur de Hm / Hm dominant / Hsnoz d'épaisseur < 2/3 épaisseur de Hm
	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER	Hf d'épaisseur < 2/3 épaisseur de Hm / Hm dominant / Hsnoz d'épaisseur < 1/3 épaisseur de Hm
HISTOMOR	MÉSIHISTOMOR	MESIMOR	Hf dominant / Hm ; Hs absent
	FIBRIHISTOMOR	FIBRIMOR	Hf dominant et seul
TERROFORMES (TERROFORMS) : formes terrestres jamais saturées en eau			**OF + OH > 5 cm et/ou A > 3 cm**
TERROMULL	EUTERROMULL	EUMULL	[OLn] / maA (ou meA ; pHeau A > 5)
	MESOTERROMULL	MESOMULL	OLn / [OLv] / maA (ou meA ; pHeau A > 5)
	OLIGOTERROMULL	OLIGOMULL	OLn / OLv / [OFzo] / maA (ou meA ; pHeau A > 5)
	DYSTERROMULL	DYSMULL	OLn / OLv / OFzo /maA ou meA (ou meA ; pHeau A > 5)
TERRO-MODER	HÉMITERROMODER	HEMIMODER	OL / OFzo / [OH] / miA ; pHeau A < 5
	EUTERROMODER	EUMODER	OL / OFzo / OH ≤ 1 cm / miA ou Anoz (sgA ou msA) ; pHeau A < 5
	DYSTERROMODER	DYSMODER	OL / OFzo / OH > 1 cm / miA ou Anoz (sgA ou msA) ; pHeau A < 5
TERRO-AMPHI	LEPTOTERROAMPHI	LEPTOAMPHI	OL / OFzo / [OH] ≤ 1 cm / maA ; transition avec maA nette, < 5 mm ; pHeau ≥ 5 ; A > 1/2 OH
	EUAMACROTERRAMPHI	EUMACROAMPHI	OL / OFzo / OH > 1 cm et ≤ 3 cm / maA ; transition avec maA nette, < 5mm ; pHeau ≥ 5 ; A > 1/2 OH
	EUMESOTERROAMPHI	EUMESOAMPHI	OL / OFzo / [OH] ou OH > 1 cm et ≤ 3 cm / miA et meA, ou seulement meA ; transition avec maA floue, ≥ 5 mm ; pHeau ≥ 5 ; A > 1/2 OH
	PACHYTERROMAMPHI	PACHYMPHI	OL / OFzo / OH > 3cm / miA et meA, ou seulement meA ; transition avec maA floue, ≥ 5 mm ; pHeau ≥ 5 ; A > 1/2 OH
TERROMOR	HÉMITERROMOR	HEMIMOR	*1)* OL / [OFnoz] / OFzo / OH / [miA] ou Anoz (sgA ou msA) *ou* *2)* OL / [OFnoz] / OFzo / OH / AE ou E ou roche Transition très nette O / A / AE / E ; pHeau < 4,5 ; OFnoz discontinu ; OH continu
	HUMITERROMOR	HUMIMOR	*1)* OL / OFnoz / OFzo / OH / [miA] ou Anoz (sgA ou msA) *ou* *2)* OL / OFnoz / OFzo / OH / AE ou E ou roche Transition très nette O / A / AE / E ; pHeau < 4,5 ; OFnoz et OH continus
	EUTERROMOR	EUMOR	*1)* OL / OFnoz / Anoz (sgA ou msA) *ou* *2)* OL / [OFnoz] / AE ou E ou roche Transition très nette O / A / AE / E ; pHeau < 4,5 ; OFnoz continu ; absence OH et miA
TERRO-TANGEL	EUTERROTANGEL	EUTANGEL	OL / OFzo / OHta / meA ou Anoz (msA) ; transition avec meA ou Anoz floue, ≥ 5mm ; pHeau A ≥ 5 ; A < 1/2 OH
	DYSTERROTANGEL	DYSTANGEL	OL / OFzo / OHta / Anoz (msA) ; transition avec Anoz nette, < 5 mm ; pHeau A ≥ 5 ; A < 1/2 OH
HYDROFORMES (*Stagnic* TERROFORMS) : formes semi-terretres saturées en eau durant < six mois par an N'existe plus chez JABIOL *et al.* (2013), et a été remplacé par une forme terrestre avec le préfixe « *Stagnic* »			**Ag, Anozg ou AEg**
HYDROTANGEL		*Stagnic* TANGEL	OL(g) / OFzo(g) / OHzota(g) > (2xA) / Ag
HYDROAMPHI		*Stagnic* AMPHI	OL(g) / OFzo(g) / OHzo (g) < (2xA) / Ag
HYDROMULL		*Stagnic* MULL	év. OL(g) / [OFzo(g)] / Ag
HYDRMOMODER		*Stagnic* MODER	OL(g) / OFzo(g) / OHzo(g) / Anozg
HYDROMOR		*Stagnic* MOR	OL(g) / OFnoz(g) / év. Anozg / AEg
EPIHISTOFORMES (*Epihistic* HISTOFORMS) : formes semi-terretres avec horizons saturés en eau durant > six mois par an (H) et durant < six mois par an (Ag). N'existe plus chez JABIOL *et al.* (2013), et a été remplacé par une forme semi-terrestre (HISTOFORME ou ANMOOR) avec le préfixe « *Epihistic* »			**Ag, Anozg ou Aeg et H ou Aa**
EPIHISTOANMOOR		*Epihistic* ANMOOR	Hsl / Aa dominant / Ag
EPIHISTOMULL		*Epihistic* HISTOMULL	Hsl / év. Aa / Ag dominant
EPIHISTOAMPHI		*Epihistic* HISTOAMPHI	Hf / Hm / Hs / Ag
EPIHISTOMODER		*Epihistic* HISTOMODER	Hs / Anozg
EPIHISTOMOR		*Epihistic* HISTOMOR	Hf / év. Hm / év. Hs / év. Anozg / év. AEg
Surface du sol jamais submergé et/ou saturé en eau, ou saturé en eau plus de quelques mois par année			
ENTIFORMES et PARAFORMES		PARAHUMUS	absence O, H, A ou épaisseur < 2 cm ; racines parfois très abondantes (plus de 60% du volume) ; la roche dure repose juste en dessous à très faible profondeur

Dans Phytobase, qui utilise le synsytème de Julve, des alliances présentes chez Gallandat (1982) telles que le *Calthion* et le *Filipendulion* n'existent pas. Ainsi, le rattachement des relevés aux alliances du synsystème de GALLANDAT (1982) s'est effectué à partir du diagnostic des syntaxons élémentaires donné par Phytobase (cf. paragraphe 2.3.3).

Sols et formes d'humus

Au centre des surfaces de chaque relevé phytosociologique, la forme d'humus et le sol ont été décrits (cf. section 2.4) : tout d'abord, un trou de 20 cm de côté et d'environ 30 cm de profondeur a été creusé à l'aide d'une pelle américaine, puis à l'intérieur de ce trou, la tarière canal et/ou la tarière classique ont été utilisées pour continuer le sondage. Les horizons de chaque profil ont ensuite été nommés selon le *Référentiel Pédologique* (BAIZE & GIRARD, 2009). Lorsque la dénomination des horizons a posé problème, un échantillon a été prélevé en vue d'analyses au laboratoire. Tous les détails et les démarches sur ces analyses sont issus des protocoles du laboratoire Sol & Végétation et figurent en Annexe B.9. Dans le même temps, divers paramètres ont été décrits et enregistrés (Tableau 3.4.2). La fiche employée pour la description des sols (et des formes d'humus) figure dans l'Annexe B.15.

Pour chaque sol, le rattachement à une RÉFÉRENCE s'est fait en fonction de tous les horizons présents dans l'entier du profil selon le *Référentiel Pédologique* (BAIZE & GIRARD, 2009). L'utilisation de qualificatifs a été nécessaire pour compléter et affiner la description des sols (cf. section 3.2). Ces qualificatifs ont été utilisés selon les conditions rencontrées. Lors de doubles rattachements pour les sols, les qualificatifs ont tous été regroupés à la fin, ceci car ces sols intermédiaires contiennent une mosaïque des deux sols. Concernant les règles de nomenclature, dans le *Référentiel Pédologique*, les noms de RÉFÉRENCES (qui correspondent à un niveau taxonomique précis) s'écrivent en PETITES CAPITALES ; les noms de groupes de RÉFÉRENCES s'écrivent en minuscules (BAIZE & GIRARD, 2009) (cf. remarques générales avant le chapitre 1). La référence de la WRB (IUSS WORKING GROUP WRB, 2006) a également été ajoutée pour chaque sol, avec également quelques qualificatifs, mais n'est pas discutée ici dans cette étude, et est présente uniquement dans les Annexes A.5.

Une RÉFÉRENCE pour chaque forme d'humus a été attribuée selon les classifications de ZANELLA *et al.* (2011) et de JABIOL *et al.* (2013) (Tableau 3.4.3), en considérant la présence et l'épaisseur des horizons supérieurs holorganiques, organiques et organo-minéraux (horizons O, A et H) (cf. Annexes A.5, B.13 et B.14). Dans le cas des sondages complètement organiques (histiques), tous les horizons histiques ont été pris en compte.
Dans les paragraphes suivants de cette étude, la nomenclature selon ZANELLA *et al.* (2011) est donnée dans le texte, sur les figures et dans les tableaux. La nomenclature selon JABIOL *et al.* (2013) n'est pas présente tout le temps. Par contre, quand elle est donnée, elle figure entre parenthèses après la nomenclature de ZANELLA *et al.* (2011) (cf. remarques générales avant le chapitre 1). Des qualificatifs provenant de la clé de JABIOL *et al.* (2013) ont été également ajoutés à chaque forme d'humus et figurent uniquement dans les Annexes (Annexes A.5, B.13 et B.14). En ce qui concerne plus particulièrement la notation des RÉFÉRENCES des formes d'humus, ces dernières sont toutes écrites en PETITES CAPITALES (cf. remarques générales avant le chapitre 1).
Selon la clé de ZANELLA *et al.* (2011), on peut citer deux familles de formes d'humus : (1) les formes terrestres ou TERROFORMES (formes complètement hors de l'eau et sans influence de cette dernière, caractérisées par les horizons OL, OF, OH et A ; TERROFORMS selon JABIOL *et al.* (2013)) ; (2) les formes semi-terrestres avec les HISTOFORMES (formes caractéristiques des milieux tourbeux, avec une saturation en eau durant plus de six mois par an ; HISTOFORMS selon JABIOL *et al.* (2013)), les HYDROFORMES (formes saturées en eau durant moins de six mois par an et subissant des remontées capillaires d'eau ou de battement de nappe ; *Stagnic* TERROFORMS selon JABIOL *et al.* (2013)) et les EPIHISTOFORMES (formes contenant des horizons caractéristiques de saturation en eau durant plus de six mois par an (H), ainsi que des horizons de saturation en eau durant moins de six mois par an (Ag) ; *Epihistic* HISTOFORMS selon JABIOL *et al.* (2013)).

Les termes « sondage(s) pédologique(s) » ou « profil(s) » se rapportent à l'étude des sols et des formes d'humus. La numérotation des différents profils ou sondages pédologiques dans l'ensemble de cette recherche est la même que celle utilisée pour la végétation et est basée sur la numérotation donnée par GALLANDAT (1982).
Aussi, le terme « relevé(s)/profil(s) », utilisé ici se rapporte au numéro du relevé/profil, représentant donc à la fois la végétation ainsi que le sol/forme d'humus.

Analyses statistiques

Toutes les analyses statistiques ont été réalisées à l'aide du logiciel R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, v. 3.0.2, 2013) sur des matrices de données nommées respectivement *végétation*, *sols et formes d'humus*.

Les statistiques effectuées ici, des analyses canoniques de redondance (RDA), sont particulièrement adaptées à l'étude des relations entre la végétation, le sol et la forme d'humus. En effet, ces analyses contraignent la répartition dans l'espace de la variable réponse (ici les relevés phytosociologiques, donc la végétation) par diverses variables explicatives (ici, entre autres les variables issues des données des sols et des formes d'humus). Ceci permet ainsi de définir quelles variables du sol et de la forme d'humus expliquent le mieux la végétation. Certes, la végétation influence également directement la forme d'humus, mais ici, il ne s'agit pas d'établir cette relation, mais d'avoir **une caractérisation de chaque milieu végétal en fonction de leurs sols et de leurs formes d'humus**. Les diagrammes effectués ensuite permettent

en plus une meilleure visualisation des différents types de sols et de formes d'humus présents dans chaque alliance végétale.

Analyse de redondance (RDA)

Avant d'effectuer les RDA, quelques transformations ont été effectuées. Pour la *matrice végétation*, tout d'abord, chaque code de recouvrement absolu a été converti en recouvrement absolu moyen, ceci car l'échelle de BRAUN-BLANQUET n'est pas linéaire (GILLET, 2000 ; Tableau 3.4.2). Puis, tous les recouvrements absolus moyens de chaque espèce pour chaque relevé ont été ajustés à 100%, afin d'obtenir le recouvrement relatif. Ensuite, comme la matrice des recouvrements relatifs contenait beaucoup de doubles zéros, une transformation d'Hellinger (fonction *decostand* de la librairie **vegan** ; NIKULIN, 2001 ; BORCARD *et al.*, 2011) a été appliquée sur l'ensemble des données (LEGENDRE & GALLAGHER, 2001).

Pour les *matrices sols* et *formes d'humus*, plusieurs variables descriptives issues du terrain (cf. paragraphe 3.4.2, « Acquisition des données » ; Tableau 3.4.2) ont été utilisées pour l'analyse de redondance (RDA ; Tableau 3.4.4). Les variables binaires (présence ou absence de faune, présence ou absence de traces de rupture minéralogique, présence ou absence de traces de réduction, présence ou absence de traces d'oxydation) ont été transformées en facteur avant d'être utilisées dans la RDA.

Tableau 3.4.4 : Liste des descripteurs pédologiques utilisés lors des statistiques pour les sols et les formes d'humus. Ces descripteurs sont issus majoritairement du terrain. Pour les explications des descripteurs, voir le Tableau 3.4.2. En rouge, le nom des descripteurs tel qu'il apparaît sur la RDA ainsi que dans les Annexes B.11 et B.13.

DESCRIPTEURS PÉDOLOGIQUES	SOL	FORMES D'HUMUS
Epaisseur des horizons (cm) **A_cm, H_cm, Go_cm, Gr_cm g_cm, OL_cm, OF_cm, OH_cm, Hf_cm, Hm_cm, Hs_cm, An_cm, Ag_cm, Ah_cm**	Epaisseur des horizons A, H, Go, Gr et g.	Epaisseur des horizons OL, OF, OH, Hf, Hm, Hs, An, Ag, Ah et A.
Niveau d'humidité (absence d'eau, peu d'eau, beaucoup d'eau) **eau_profil, eau_FH**	Le niveau d'humidité ici du terrain a été simplifié en trois catégories (absence d'eau, peu d'eau et beaucoup d'eau). L'humidité moyenne du profil (pour les sols) ou des horizons O, A et H (pour les formes d'humus) a été calculée grâce à l'échelle du terrain (0 = sec ; 1 = mouillé sans eau qui sort ; 2 = eau sort lors d'une grande pression ; 3 = eau sort lors d'une petite pression ; 4 = dégouline d'eau) : - absence d'eau (catégorie 0) ; - peu d'eau (catégories 1 et 2) ; - beaucoup d'eau (catégories 3 et 4).	
	Niveau d'humidité dans l'ensemble du profil (moyenne de tous les horizons) : eau_profil	**Niveau d'humidité pour le début du profil (moyenne des horizons O, A et H) : eau_FH**
Présence de carbonates (absence, décarbonaté ou carbonaté) **carbonate_horizon_A**	L'échelle du terrain (0 = pas de réaction ; 1 = faible réaction non audible, 2 = réaction moyenne visible ; 3 = réaction moyenne visible et audible ; 4 = forte réaction) a été simplifiée en trois catégories (absence de carbonates, décarbonaté, carbonaté) : - absence de carbonates (catégorie 0) ; - décarbonaté « ci » (catégories 0 et 1) ; - carbonaté « ca » (catégories 2, 3 et 4).	
	Uniquement dans le premier horizon A ou H.	
pH Hellige du premier horizon d'enracinement **pH_horizon_enracinement**	**Uniquement le pH du premier horizon d'enracinement (premier horizon A ou H).**	
Présence (1) ou absence (0) de la faune **faune**	-	Présence de faune est attestée s'il y a des traces de faune dans un des horizons du profil.
Présence (1) ou absence (0) de traces de rupture minéralogique et/ou lithologique (apport de minéral) pedogenesell (sols) OU evenement_pedol (formes d'humus)	La présence de traces de rupture minéralogique est attestée s'il y a eu, à un endroit quelconque du profil, un apport avéré de minéral. Cela peut être caractérisé par un horizon g ou A en dessus d'un horizon H.	
Présence (1) ou absence (0) de traces de réduction **tache_oxyd**	La présence de traces de réduction est attestée s'il y a dans le profil la présence d'horizon g, Ag, Sg, Ccag ou tout autre horizon comportant un –g, ou d'horizon Gr.	-
Présence (1) ou absence (0) de traces d'oxydation **tache_red**	La présence de traces d'oxydation est attestée s'il y a dans le profil la présence d'horizon g, Ag, Sg, Ccag ou tout autre horizon comportant un –g, un horizon Go ou tout autre trace de rouille présente dans le profil.	-
Profondeur totale du profil (cm) **profondeur_tot**	La profondeur totale du profil est utilisée, de la surface jusqu'à la limite fixée par la tarière.	-

Deux analyses de redondance ont été effectuées (RDA ; librairie **vegan** ; BORCARD *et al.*, 2011). La première réalisée sur la matrice réponse *végétation* en la contraignant par la matrice explicative *sols,* par les coordonnées géographiques (Lieu : Burtignière, Sentier ou Chapelle-des-Bois) et par les alliances végétales. La deuxième a été réalisée à nouveau sur la matrice *végétation* mais en la contraignant cette fois par la matrice *formes d'humus*, par les coordonnées géographiques (Lieu : Burtignière, Sentier ou Chapelle-des-Bois) et par les alliances végétales pour voir les différences entre chacune d'elles. Pour chaque RDA une sélection des variables (*Forward Selection*) a ensuite été effectuée dans le but d'identifier les variables les plus explicatives de la répartition de la végétation (BORCARD *et al.*, 2011). La significativité des variables a été testée par un test de permutation (999 permutations). Puis, les deux RDA ont été refaites, mais en y intégrant uniquement les variables pertinentes détectées par la *Forward Selection*. La significativité de ces deux RDA a été finalement testée par des permutations (999 permutations).

Barplots cumulés

Des diagrammes cumulés des types de sols et des types de formes d'humus présents dans chaque alliance végétale ont été établis afin de voir la répartition des types de sols et des formes d'humus dans chaque alliance.

3.4.3 Résultats

Dans l'Annexe B.14 figure un résumé de tous les relevés/profils, avec leurs caractéristiques au niveau des sols, des formes d'humus et de la végétation. Tous les relevés/profils possèdent une fiche détaillée présentant leurs caractéristiques, ainsi que le nom des alliances, des formes d'humus et des sols qui leur ont été attribués (Annexe A.5). En ce qui concerne les différents schémas pédologiques présents dans les paragraphes de la discussion ci-dessous (cf. paragraphe 3.4.4), les légendes sont données en début de l'Annexe A.5.

Les résultats suivants sont présentés en fonction des alliances obtenues lors du rattachement phytosociologique (cf. paragraphe 3.4.2, « Acquisition des données ») ceci car le but de cette étude ou section est d'avoir une caractérisation de chaque alliance végétale en fonction de ses sols et de ses formes d'humus (conditions de croissance) ainsi que son état de conservation (dynamique stable ou non par exemple).

Les différents tableaux insérés dans le texte comportent pour chaque alliance, le détail des types de sols et de formes d'humus, et ce plus précisément pour chaque alliance, association ou sous-association obtenues lors du rattachement phytosociologique (cf. paragraphe 3.4.2, « Acquisition des données »).

Résultats globaux

Les analyses de redondance finales, avec les variables explicatives significatives sélectionnées lors de la *Forward Selection* pour les relations végétation – sols et végétation – formes d'humus, sont significatives (RDA végétation – sol : p-value < 0.001 ; RDA végétation – forme d'humus : p-value < 0.001 ; Figures 3.4.2a et 3.4.2b).

Pour la RDA végétation – sol (Figure 3.4.2a), les variables explicatives sélectionnées alliance + Lieu + H_cm + carbonate_horizon_A sont significatives (alliance : p-value < 0.001 ; Lieu : p-value < 0.001 ; H_cm : p-value = 0.011 ; carbonate_horizon_A : p-value = 0.021).
Les deux premiers axes expriment respectivement 16.21% et 6.17% de la variance totale (39.81%).

Pour la RDA végétation – forme d'humus (Figure 3.4.2b), les variables explicatives alliance + Lieu + OF_cm + Hf_cm + carbonate_horizonA + eau_FH + Hs_cm sont significatives (alliance : p-value < 0.001 ; Lieu : p-value < 0.001 ; OF_cm : p-value = 0.003 ; Hf_cm : p-value = 0.006 ; carbonate_horizon_A : p-value = 0.009 ; eau_FH : p-value = 0.014 ; Hs_cm : p-value = 0.036).
Les deux premiers axes contraints significatifs expriment 16.38% et 6.39% de la variance totale (44.23%).

Parmi les caractéristiques des sols et des formes d'humus, la végétation dans les marais étudiés est expliquée par **l'épaisseur des horizons histiques** (notamment des horizons Hf et Hs pour les formes d'humus), la présence de **carbonates**, ainsi que la présence **d'eau dans les premiers centimètres du sol** (forme d'humus). La végétation est également bien expliquée par la variable « **Lieu** » ainsi que par la variable « **Alliance** ».

On remarque également **qu'une alliance n'est pas typique d'un type de sol ou de forme d'humus**, et réciproquement, **un type de sol ou de forme d'humus n'est pas spécifique d'un type de végétation** (Figures 3.4.2a et 3.4.2b).

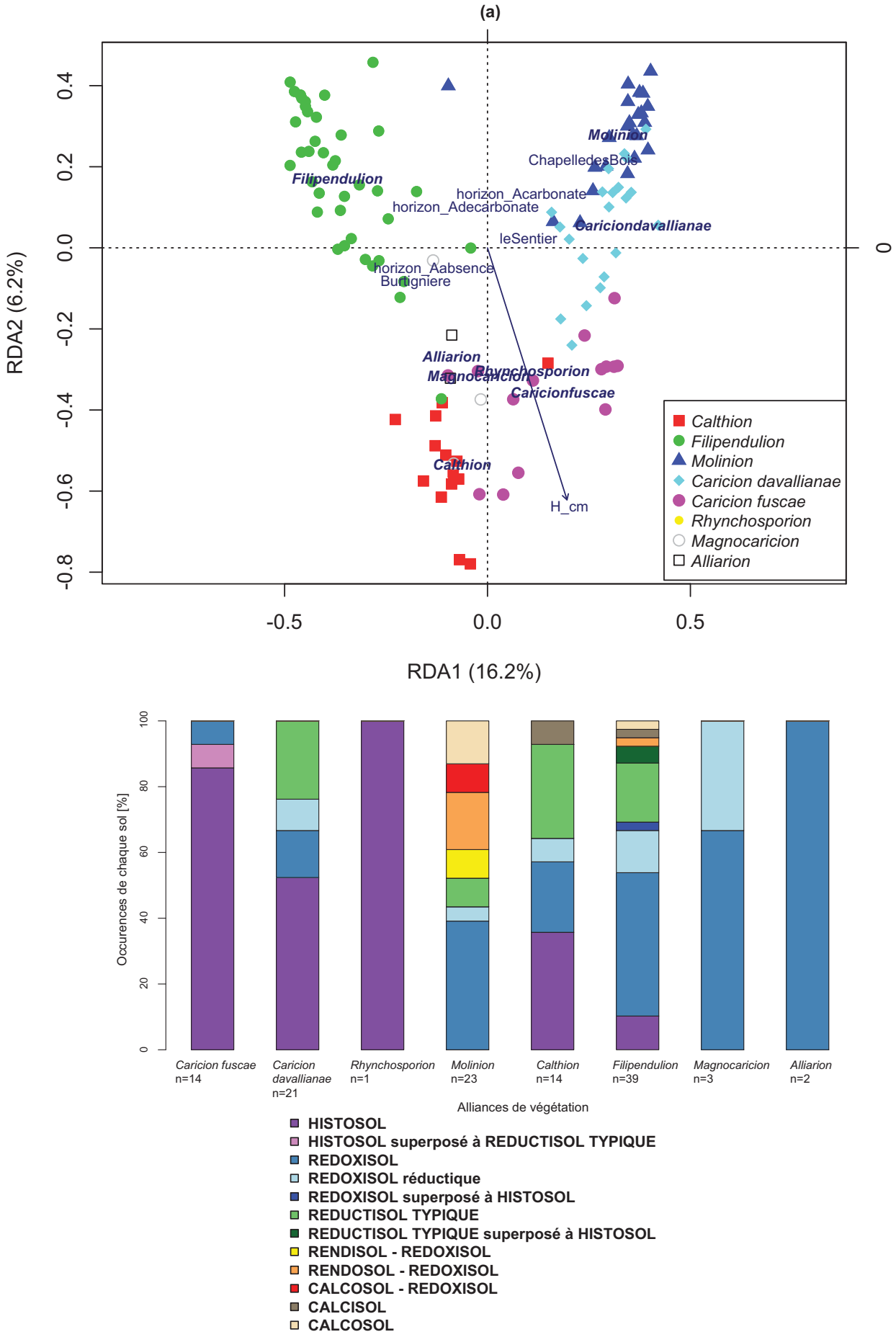


Figure 3.4.2a : Analyse de Redondance (RDA) effectuée sur la* matrice végétation *contrainte par la* matrice sols. *Des barplots cumulés des types de sols ont également été dessinés pour chaque alliance

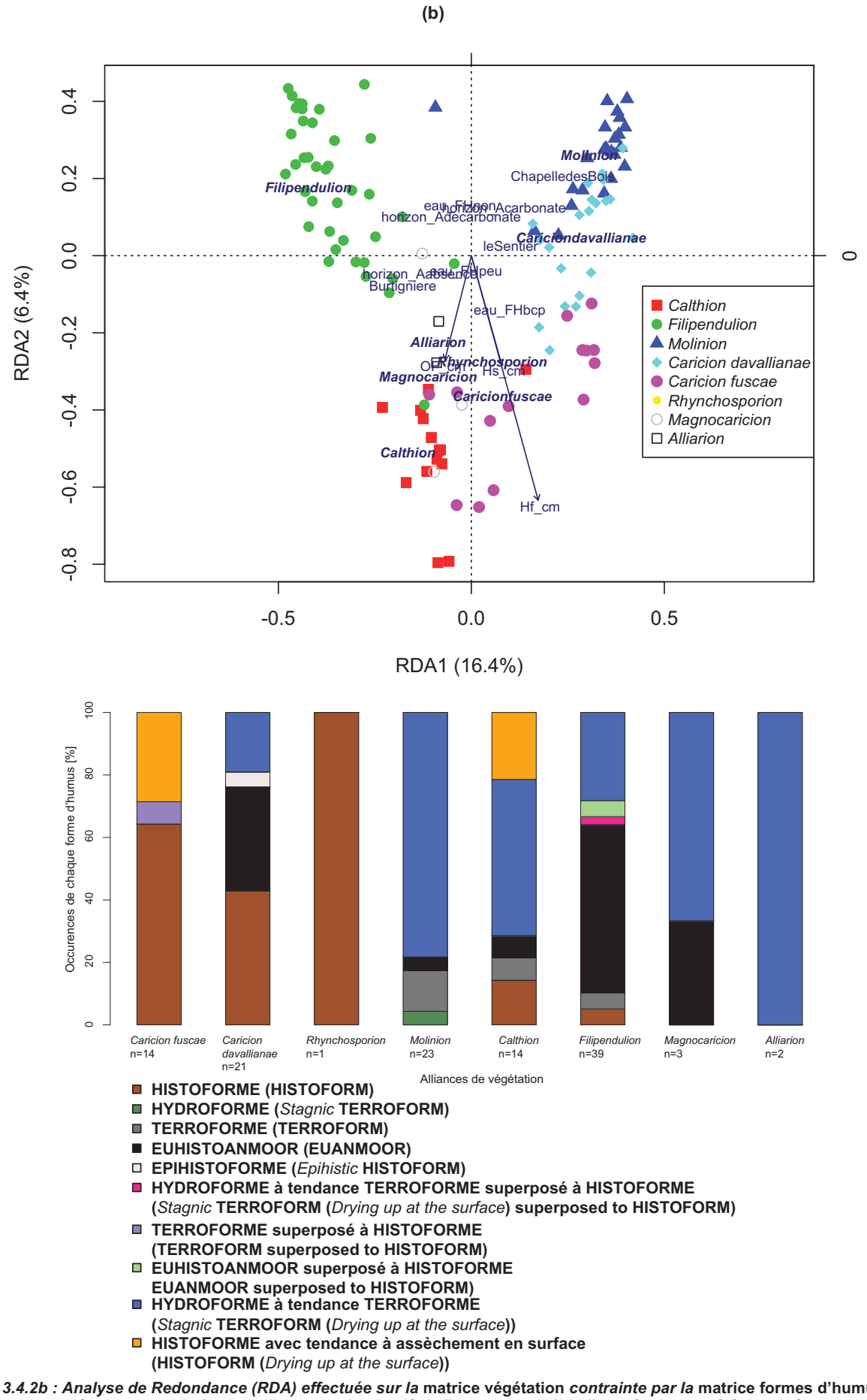


Figure 3.4.2b : Analyse de Redondance (RDA) effectuée sur la* matrice végétation *contrainte par la* matrice formes d'humus*. Des barplots cumulés des types de formes d'humus selon la clé de* ZANELLA *et al. (2011) ont également été dessinés pour chaque alliance. La classification de* JABIOL *et al. (2013) figure entre parenthèses dans la légende.

Résultats par alliance

Molinion

L'alliance du ***Molinion***, plus précisément l'association du *Trollio-Molinietum*, contient deux sous-associations, une présente uniquement à Chapelle-des-Bois (*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*) et une autre typique du Sentier (*Trollio-Molinietum silaetosum*) (Tableau 3.4.5). Cette alliance est caractérisée par des sols et des formes d'humus contenant **peu d'eau (notamment ceux au Sentier) ou pas d'eau** et ne contenant **aucun horizon histique H**. Le pH de l'horizon d'enracinement se situe entre 5 et 6.5. Dans la majorité des profils de l'alliance, l'horizon organo-minéral A est soit carbonaté soit décarbonaté (Figures 3.4.2a et 3.4.2b). Cependant, quelques-uns, notamment ceux situés à Chapelle-des-Bois, ne contiennent aucun carbonates dans la partie superficielle, probablement car ils ont été décarbonatés. La faune y est également très présente. Les formes d'humus contiennent presque toutes un **horizon OF très peu épais**. Au niveau de la typologie des sols cette alliance contient majoritairement des RÉDOXISOLS, des doubles rattachements ainsi que des sols non hydromorphes (Tableau 3.4.5). Les formes d'humus sont principalement des HYDROFORMES à tendance TERROFORMES.

Tableau 3.4.5 : Relevés/profils présents dans l'alliance du* Molinion*, avec les types de sols, de formes d'humus selon ZANELLA et al. (2011) et de végétation. La correspondance avec la nomenclature de JABIOL et al. (2013) est trouvée à la Figure 3.4.2b. Le lieu des relevés/profils est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

LIEU	N°	SOL	FORME D'HUMUS	VÉGÉTATION
C	1496	RÉDOXISOL surrédoxique	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	***Molinion*** *Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana*, forme à *Bartsia alpina*
	5789	RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon A humifère en surface	HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL	
	809	RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon A humifère	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
	1601	CALCOSOL haplique	OLIGOTERROMULL	
	810	RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizons g humifères	HYDROMULL	
	1376	RÉDOXISOL leptique, à horizons A et S calcaires	HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL	***Molinion*** *Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme *à Cynosurus cristatus*
	1109	RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon g humifère	HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL	
	1090	RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon g humifère	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
	1497	RÉDOXISOL surrédoxique, avec traces de briques, à horizon A humifère en surface	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
	1095	RENDOSOL – RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
	58/89b	CALCOSOL décarbonaté en surface	DYSTERROMULL	
	1117	RENDISOL – RÉDOXISOL leptique	EUHISTOANMOOR	***Molinion*** *Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Cirsium acaule,* forme à *Hypochaeris macculata*
	1118	CALCOSOL – RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	
	1110	RENDISOL – RÉDOXISOL leptique	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	
	1115	RÉDOXISOL leptique, à horizons A humifères en surface	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
	1377	CALCOSOL décarbonaté en surface	OLIGOTERROMULL	
S	1392	RENDOSOL – RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizons A humifères	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	***Molinion*** *Trollio-Molinietum silaetosum,* variante à *Sesleria caerulea*
	1393	RÉDOXISOL réductique, calcaire, issu de craie lacustre, à horizons A humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
	1394	RENDOSOL – RÉDOXISOL pachique, décarbonaté en surface, à horizons A humifères	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	
	1395	RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre, à horizon A humifère en surface	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	
	1398	CALCOSOL – RÉDOXISOL leptique	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	
	1665	RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre	HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL	
	1668	RENDOSOL – RÉDOXISOL décarbonaté en surface, à horizon A humifère en surface	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	

Calthion

L'alliance du ***Calthion*** est présente à La Burtignière et au Sentier avec deux associations et deux groupements (*Cirsio-Juncetum*, *Trollio-Cirsietum*, Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpino-articulatus*, Groupement à *Juncus inflexus* ; Tableau 3.4.7). Dans cette alliance, **quelques profils contiennent des horizons histiques**, notamment d'épais horizons Hf (Figures 3.4.2a et 3.4.2b). Des horizons histiques Hm et Hs sont toutefois également présents mais moins épais. Les sols et les formes d'humus contiennent **peu ou pas d'eau**. Le pH de l'horizon d'enracinement se situe entre 5.5 et 7. La majorité des sondages pédologiques ne contiennent **aucun carbonates**, mais quelques-uns sont décarbonatés. Par ailleurs, la majorité des formes d'humus possèdent un horizon OL ainsi **qu'un horizon OF** parfois assez épais. Au niveau de la typologie des sols

et des formes d'humus, cette alliance contient différents types de sols et de formes d'humus (Tableau 3.4.6). Cependant, le *Trollio-Cirsietum* est présent avant tout sur des histosols, sauf la sous-association colchicetosum qui est plus sèche et donc présente sur des RÉDOXISOLS à HYDROFORMES.

Rhynchosporion

L'alliance du ***Rhynchosporion*** est présente à Chapelle-des-Bois, avec l'association du *Rhynchosporetum albae* (Tableau 3.4.7). Elle est caractérisée par **uniquement des horizons histiques H** (Figures 3.4.2a et 3.4.2b), et ne contenant **aucun carbonates**. Elle contient également un épais horizon OF. Ils sont **saturés en eau et acides** (pH entre 4 et 5). Au niveau de la typologie des sols et des formes d'humus, cette alliance contient un type de sol et de forme d'humus, un histosol à HISTOFORME (Tableau 3.4.7). Bien sûr ici, la généralisation reste difficile avec un seul profil.

Alliarion

L'alliance de l'***Alliarion*** est présente au Sentier avec le Groupement à *Galeopsis tetrahit* et graminées (Tableau 3.4.7). Cette alliance est caractérisée par des sols et des formes d'humus ne contenant **pas d'eau** (Figures 3.4.2a et 3.4.2b). Le pH de l'horizon d'enracinement est de 6. Ces profils sont décarbonatés (Figures 3.4.2a et 3.4.2b). Au niveau de la typologie des sols et des formes d'humus, cette alliance est présente sur des sols minéraux de type RÉDOXISOLS à HYDROFORMES à tendance TERROFORMES (Tableau 3.4.7).

Magnocaricion

L'alliance du ***Magnocaricion*** est présente à La Burtignière avec deux associations, le *Caricetum acutiformis* et le *Caricetum rostratae* (Tableau 3.4.7). Ces profils ne contiennent que peu d'horizons histiques. Les formes d'humus et les sols contiennent **un peu d'eau.** Un profil contient des carbonates, un autre est décarbonaté et le dernier n'en contient aucun. L'horizon OF est présent et assez épais (Figure 3.4.2b). Le pH de l'horizon d'enracinement est de 6. Au niveau de la typologie des sols et des formes d'humus, cette alliance est observée sur des RÉDOXISOLS à HYDROFORMES à tendance TERROFORMES ainsi qu'à EUHISTOANMOORS (Tableau 3.4.7).

Caricion fuscae

L'alliance du ***Caricion fuscae*** est présente uniquement à La Burtignière, avec l'association du *Caricetum fuscae* (sous-associations du *Caricetum fuscae trichophoretosum* et du *Caricetum fuscae comaretosum* ; Tableau 3.4.8). Cette alliance est caractérisée par des sols et des formes d'humus composées **d'horizons histiques épais**, ainsi que d'horizons OL. L'horizon OF est présent dans quelques profils et est relativement épais (Figure 3.4.2b). Les sols et les formes d'humus contiennent **peu ou beaucoup d'eau**. Par ailleurs, ils ne contiennent **aucun carbonates**. Des mousses et des sphaignes sont présentes dans la plupart des profils. La faune est présente dans quelques profils
uniquement. Le pH de l'horizon d'enracinement principal se situe entre 4 et 5. Cette alliance contient uniquement des sols de type histosols à HISTOFORMES (Tableau 3.4.8).

Tableau 3.4.6 : Relevés/profils présents dans l'alliance du* Calthion*, avec les types de sols, de formes d'humus selon ZANELLA et al. (2011) et de végétation. La correspondance avec la nomenclature de JABIOL et al. (2013) est trouvée à la Figure 3.4.2b. Le lieu des relevés/profils est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

LIEU	N°	SOL	FORME D'HUMUS	VÉGÉTATION
B	1724	RÉDUCTISOL TYPIQUE leptique, à horizons A humifères en surface	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	***Calthion*** Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpino-articulatus*
	1571	HISTOSOL MÉSIQUE calcique, mésotrophe	EUHISTOANMOOR	***Calthion*** *Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae,* variante à *Blysmus compressus*
	1574	RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique, à horizons A et G humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
	1719	RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique	SAPRIHISTOMODER	
	485	CALCISOL haplique	MÉSOTERROMULL	***Calthion*** Groupement à *Juncus inflexus*
	488	RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizons A et G humifères	HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL	
S	1296	RÉDOXISOL réductique, à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	***Calthion*** *Trollio-Cirsietum colchicetosum,* variante à *Veratrum album*
	1297	RÉDOXISOL surrédoxique, carboanté en surface, à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
	1397	RÉDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
	1670	RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
B	492	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons saprique et fibrique en surface, calcique, mésotrophe	MÉSIHISTOMODER	***Calthion*** *Trollio-Cirsietum potentilletosum,* variante à *Carex davallliana*
B	482	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface, acide, mésotrophe	MÉSHIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	***Calthion*** *Trollio-Cirsietum potentilletosum,* variante à *Viola palustris*
	493	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface, acide, mésotrophe	MÉSHIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	
	489	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons sapriques et mésique en surface, acide, mésotrophe	MÉSHIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	

Tableau 3.4.7 : Relevés/profils présents dans les alliances de* l'Alliarion*, du* Magnocaricion *et du* Rhynchosporion*, avec les types de sols, de formes d'humus selon* ZANELLA *et al. (2011) et de végétation. La correspondance avec la nomenclature de* JABIOL *et al. (2013) est trouvée à la Figure 3.4.2b. Le lieu des relevés/profils est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

LIEU	N°	SOL	FORME D'HUMUS	VÉGÉTATION
S	1659	RÉDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	***Alliarion*** Groupement à *Galeopsis tetrahit* et graminées
	1660	RÉDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre à horizons A humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
B	1644	RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizons A et g humifères	EUHISTOANMOOR	***Magnocaricion*** *Caricetum rostratae*
	1565	RÉDOXISOL réductique, surrédoxique, à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	
	1570	RÉDOXISOL surrédoxique, calcaire, à horizons g humifères, à horizon saprique, à horizon réductique de profondeur	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	***Magnocaricion*** *Caricetum acutiformis*
C	1610	HISTOSOL MÉSIQUE acide, flottant, oligotrophe	FIBRIHISTOMODER	***Rhynchosporion*** *Rhynchosporetum albae*

Tableau 3.4.8 : Relevés/profils présents dans l'alliance du* Caricion fuscae*, avec les types de sols, de formes d'humus selon* ZANELLA *et al. (2011) et de végétation. La correspondance avec la nomenclature de* JABIOL *et al. (2013) est trouvée à la Figure 3.4.2b. Le lieu des relevés/profils est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

LIEU	N°	SOL	FORME D'HUMUS	VÉGÉTATION
B	510	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique, acide oligotrophe	MÉSIHISTOMOR	***Caricion fuscae*** *Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Calluna vulgaris,* forme à *Vaccinium oxycoccos*
	511	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, acide, oligotrophe	FIBRIHISTOMODER	
	1556	HISTOSOL MÉSIQUE acide, oligotrophe, superposé à RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique	DYSTERROMODER superposé à FIBRIHISTOMODER	
	1677	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques en surface et de profondeur, acide, oligotrophe	FIBRIHISTOMODER	
	1508	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques, acide, oligotrophe	MÉSIHISTOMOR	***Caricion fuscae*** *Caricetum fuscae trichophoretosum,* variante à *Calluna vulgaris,* forme *sèche*
	1680	RÉDOXISOL épihistique, à horizon réductique de profondeur	FIBRIHISTOMODER	
	495	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons mésiques en surface, acide, mésotrophe	HUMIHISTOAMPHI	
	501	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique en surface, acide mésotrophe	MÉSIHISTOMOR	
	1572	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon saprique en surface, acide mésotrophe	FIBRIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	
	502	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques et saprique en surface, acide, mésotrophe	MÉSHIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	
	494	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface, acide, mésotrophe	MÉSHIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	
	1715	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésiques en surface, acide, mésotrophe	MÉSIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	***Caricion fuscae*** *Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Festuca rubra*
	512	HISTOSOL FIBRIQUE acide, flottant, oligotrophe	FIBRIHISTOMOR	***Caricion fuscae*** *Caricetum fuscae comaretosum,* variante à *Carex diandra*
	514	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et sapriques en surface et de profondeur, acide, oligotrophe	MÉSIHISTOMODER	

Filipendulion

L'alliance du ***Filipendulion***, avec ses deux associations *Aconito-Filipenduletum* et *Aconito-Chaerophylletum*, est présente abondamment à La Burtignière, mais est également trouvée à Chapelle-des-Bois et au Sentier (Tableau 3.4.9). Cette alliance contient une **grande diversité de sols et de formes d'humus.** La majorité des profils ne contiennent **pas d'horizon histique** et la **faune** est présente dans la plupart des sondages pédologiques. Le pH de l'horizon d'enracinement se situe entre 5 et 6. La plupart des horizons ne contiennent **aucun carbonates**, même si quelques-uns montrent une décarbonatation. Tous les profils possèdent un horizon de litière O et une majorité comportent également un horizon OF. Au niveau de l'humidité, **quelques profils possèdent des sols et formes d'humus contenant beaucoup d'eau, d'autres ont des sols et des formes d'humus sèches ou contenant peu d'eau**. Au niveau de la typologie des sols et des formes d'humus, cette alliance contient différents types de sols et de formes d'humus (Tableau 3.4.9). L'*Aconito-Filipenduletum* est majoritairement observés sur des RÉDOXISOLS ou des sols avec horizons rédoxiques à EUHISTOANMOORS. La variante à *Calamagrostis canescens* contient plutôt des réductisols.

Tableau 3.4.9 : Relevés/profils présents dans l'alliance du* Filipendulion*, avec les types de sols, de formes d'humus selon* ZANELLA *et al. (2011) et de végétation. La correspondance avec la nomenclature de* JABIOL *et al. (2013) est trouvée à la Figure 3.4.2b. Le lieu des relevés/profils est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

LIEU	N°	SOL	FORME D'HUMUS	VÉGÉTATION
S	1568	RÉDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, à horizons g humifères	EUHISTOANMOOR	***Filipendulion*** *Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae,* variante à *Phragmites australis*
C	804	RÉDOXISOL surrédoxique, à horizons g humifères	EUHISTOANMOOR	
B	577	RÉDOXISOL leptique, à horizon histique mésique en surface	EUHISTOANMOOR	***Filipendulion*** *Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae,* variante typique
	1509	RÉDOXISOL à horizons g humifères	EUHISTOANMOOR	
	567	RÉDOXISOL réductique, multi-histique, à horizons g humifères	EUHISTOANMOOR de surface et enfoui	
	571	RÉDOXISOL leptique, à horizon g humifère, à horizon histique saprique discontinu	EUHISTOANMOOR	
	572	HISTOSOL MÉSIQUE rédoxique, à horizons saprique et fibrique en surface, calcique, eutrophe	MÉSIHISTOMODER	
	587	RÉDOXISOL surrédoxique, décarbonaté en surface, à horizon A humifère en surface	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
B	1514	RÉDOXISOL multi-fluvique, à horizons mésiques	EUHISTOANMOOR	***Filipendulion*** *Aconito-Filipenduletum succisetosum,* variante à *Juncus inflexus*
	1646	RÉDOXISOL décarbonaté en surface	EUHISTOANMOOR	
	1723	RÉDOXISOL à horizon g humifère	EUHISTOANMOOR	
	487	RÉDOXISOL multi-alluvio-colluvial, à horizons sapriques	EUHISTOANMOOR	
	589	RÉDUCTISOL STAGNIQUE	EUHISTOANMOOR	
	1559	CALCOSOL haplique	OLIGOTERROMULL	
	597	CALCISOL haplique	DYSTERROMULL	
	1645	RÉDUCTISOL TYPIQUE leptique, à horizon rédoxique, superposé à HISTOSOL MÉSIQUE calcique, mésotrophe	EUHISTOANMOOR superposé à MÉSIHISTOMODER	***Filipendulion*** *Aconito-Filipenduletum succisetosum,* variante à *Swertia perennis*
	582	HISTOSOL SAPRIQUE réductique, à horizons mésiques et fibrique, calcique, eutrophe	SAPRIHISTOMODER	
	1573	RÉDOXISOL à horizon g humifère, à horizon histique saprique en surface	EUHISTOANMOOR	
	1642	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons An décarbonatés, calcique, eutrophe	EUHISTOANMOOR	***Filipendulion*** *Aconito-Filipenduletum polemonietosum,* variante à *Carex elata*
	1510	RÉDUCTISOL TYPIQUE, superposé à HISTOSOL MÉSIQUE calcique, eutrophe	EUHISTOANMOOR superposé à DYSHUMIHISTOMODER	***Filipendulion*** *Aconito-Chaerophylletum,* variante à *Cirsium oleraceum*
	1511	RÉDUCTISOL TYPIQUE	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
	526	HISTOSOL MÉSIQUE avec présence de charbon et de bois, calcique, eutrophe	EUHISTOANMOOR	***Filipendulion*** *Aconito-Filipenduletum typicum,* variante à *Calamagrostis canescens*
	498	RÉDOXISOL surrédoxique, à horizons g humifères	EUHISTOANMOOR	
	520	RÉDUCTISOL STAGNIQUE leptique	EUHISTOANMOOR	
	497	RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère, à horizons saprique de profondeur	EUHISTOANMOOR	
	525	RÉDUCTSOL TYPIQUE à horizon rédoxique, à horizons G humifères	EUHISTOANMOOR	
	562	RÉDOXISOL réductique, surrédoxique, à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	
	529	RÉDUCTISOL TYPIQUE surrédoxique, à horizons A et G humifères	HYDROMODER à tendance HÉMITERROMODER	
	576	RÉDOXISOL à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
	593	RÉDOXISOL à horizons A et g humifères, à horizon histique saprique de profondeur	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
	534	RÉDOXISOL réductique, à horizon g humifère en surface, à horizon histique	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
	532	RÉDOXISOL à horizons A et g humifères, superposé à HISTOSOL MÉSIQUE calcique, eutrophe	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL, superposé à HUMIHISTOMODER	
B	578	RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizon g humifère	EUHISTOANMOOR	***Filipendulion*** *Aconito-Filipenduletum typicum*, variante à *Trollius europaeus*
C	1114	RÉDOXISOL réductique, à horizon g humifère	EUHISTOANMOOR	
B	1727	RÉDOXISOL à horizon g humifère	EUHISTOANMOOR	
B	563	RENDOSOL – RÉDOXISOL leptique	HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL	
B	570	RÉDUCTISOL TYPIQUE décarbonaté en surface, à horizon rédoxique, à horizon A humifère en surface	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	
S	1512	RÉDOXISOL à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	***Filipendulion*** *Aconito-Chaerophylletum,* variante typique
	1513	RÉDOXISOL surrédoxique, à horizon g humifère	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	

Caricion davallianae

L'alliance du ***Caricion davallianae*** est présente dans les trois sites d'étude, plus abondamment à La Burtignière, avec plusieurs associations ou groupements (*Caricetum davallianae*, Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*, Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartsia alpina*, *Primulo-Schoenetum* ; Tableau 3.4.10). L'association du *Primulo-Schoenetum* est typique du site du Sentier, le Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartsia alpina* est présent à Chapelle-des-Bois. Cette alliance est caractérisée par des profils ne possédant aucun carbonates, mais également d'autres étant carbonatés ou décarbonatés (Figures 3.4.2a et 3.4.2b). **L'horizon OF** est présent dans beaucoup de sondages pédologiques. Le pH de l'horizon d'enracinement se situe entre 4.5 et 7. Les profils contiennent **soit peu, soit beaucoup d'eau**, que cela soit à la surface ou dans l'entier du profil. Les **horizons histiques sont très présents** : quelques profils contiennent des horizons Hf assez épais, d'autres des horizons Hm ou Hs. Au niveau de la typologie des sols et des formes d'humus, une dominance d'histosols à HISTOFORMES est observée (Tableau 3.4.10). Le *Primulo-Schoenetum* est cependant dominé par des sols minéraux de type RÉDOXISOLS ou réductisols.

Tableau 3.4.10 : Relevés/profils présents dans l'alliance du* Caricion davallianae*, avec les types de sols, de formes d'humus selon ZANELLA et al. (2011) et de végétation. La correspondance avec la nomenclature de JABIOL et al. (2013) est trouvée à la Figure 3.4.2b. Le lieu des relevés/profils est représenté dans la première colonne par la lettre C (Chapelle-des-Bois), B (Burtignière) ou S (Sentier).

LIEU	N°	SOL	FORME D'HUMUS	VÉGÉTATION
B	18_06_1988	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique, calcique, oligotrophe	FIBRIHISTOMODER	***Caricion davallianae*** *Caricetum davallianae typicum,* variante à *Trichophorum cespitosum,* forme à *Eriophorum vaginatum*
	1566	HISTOSOL SAPRIQUE à horizon d'anmoor intercalé, calcique, mésotrophe	SAPRIHISTOMODER	***Caricion davallianae*** *Caricetum davallianae typicum,* variante à *Trichophorum cespitosum*, forme à *Menyanthes trifoliata*
C	1106	RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère	EUHISTOANMOOR	***Caricion davallianae*** *Caricetum davallianae typicum,* variante typique
B	1647	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons saprique en surface, calcique, oligotrophe	HUMIHISTOMODER	***Caricion davallianae*** *Caricetum davallianae caricetosum flaccae,* variante à *Swertia perennis*
B	1674	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, calcique, oligotrophe	MÉSIHISTOMODER	***Caricion davallianae*** Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*
	1557	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons mésiques, calcique, oligotrophe	SAPRIHISTOMODER	
	1716	RÉDOXISOL leptique, à horizon g humifère	EUHISTOANMOOR	
C	12/88a	HISTOSOL MÉSIQUE calcique, oligotrophe	EUHISTOANMOOR	
	1498	HISTOSOL FIBRIQUE calcique, oligotrophe	EUHISTOANMOOR	
	807	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons sapriques en surface, calcique, oligotrophe	MÉSIHISTOMODER	
C	1608	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique en surface, acide, flottant, oligotrophe	MÉSIHISTOMOR	***Caricion davallianae*** Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartsia alpina*
	1609	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique, acide, flottant, oligotrophe	MÉSIHISTOMOR	
S	1669	RÉDOXISOL calcaire, surrédoxique, à horizons A humifères en surface	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	***Caricion davallianae*** *Primulo-Schoenetum typicum,* variante à *Carex flacca*
	1351	HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, calcique, oligotrophe	FIBRIHISTOMODER	
	1352	RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	
	506	RÉDOXISOL épihistique, issu de craie lacustre	EPIHISTOMOR	
	508	RÉDUCTISOL TYPIQUE leptique, fluvique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	EUHISTOANMOOR	
	698	RÉDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	EUHISTOANMOOR	
	699	RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	
	507	RÉDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	EUHISTOANMOOR	***Caricion davallianae*** *Primulo-Schoenetum typicum,* variante typique
	1224	RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	***Caricion davallianae*** *Primulo-Schoenetum equisetosum variegati*

3.4.4 Discussion

Ci-dessous, chaque alliance est discutée en fonction des résultats obtenus ainsi que de ses sols et de ses formes d'humus, de façon à mettre en évidence les caractéristiques de chaque milieu, et leur état de conservation. Puis, dans l'encadré à la fin de la présentation de chaque alliance, figurent les apports de cette étude de relations par rapport à la littérature existante, tant au niveau des conditions écologiques que l'état de conservation de chaque milieu.

Les sols superposés ainsi que les formes d'humus suivantes, EUHISTOANMOOR (avec les successions An / H ; An / Ag), HYDROFORME à tendance TERROFORME (A ou Ah ; A ou Ah / Ag), HISTOFORME à tendance à l'assèchement en surface (Hs sec en surface : Hs / Hm / Hf) et les formes superposées, peuvent laisser supposer des changements écologiques récents, en cours et/ou passés, puisqu'ils présentent des successions d'horizons témoignant d'une rupture illogique dans le fonctionnement du profil ainsi que dans sa morphologie. Les critères utilisés dans cette étude, pour attester la présence de modifications ou perturbations sont :

- trace de rupture minéralogique et/ou lithologique dans la forme d'humus, symbolisée par le paramètre du même nom utilisé dans les statistiques, qui met en évidence un apport avéré de minéral à un moment donné (ex. présence d'horizons A sur H ; présence de sols ou de formes d'humus superposées entrecoupées par des horizons minéraux) ;
- évidence de rupture fonctionnelle traduisant par exemple un changement de régime hydrique (An sur Ag ; A ou Ah sur Ag ou g). Ces cas-là montrent un régime hydrique allant vers une saturation avec fluctuations importantes selon les saisons (An sur Ag) ou un assèchement en surface (A ou Ah sur Ag ou g). Ceci se traduit par la présence d'horizons plus minéralisés en surface ;
- présence de successions d'horizons contraires aux règles générales, comme la présence d'horizons Hs au-dessus d'épais horizons Hf ou Hm, alors que normalement, les Hs doivent se situer en profondeur car ils sont plus dégradés (GOBAT *et al.*, 2010 ; CARRERA & BRODARD, 2014). Plus précisément, des horizons Hs plus secs situés en surface au-dessus d'horizons plus humides mais moins décomposés indiquent une dégradation en milieu oxique : ces cas peuvent représenter un assèchement en surface.

La présence de l'un ou plusieurs de ces critères dans un profil de sol ou de forme d'humus témoigne qu'un changement a eu lieu. Cependant, comme il n'existe aucun point zéro pour cette étude, que cela soit au temps de GALLANDAT en 1974 ou dans la littérature à propos de la morphologie et du fonctionnement de ces formes d'humus dans les milieux hydromorphes – et même des plus classiques, comme les HYDROFORMES ou les HISTOFORMES – on ne peut être sûr de la période à laquelle ces modifications écologiques ont eu lieu.

Dans cette étude, pour estimer si la modification a eu lieu récemment ou dans le passé, la position et l'épaisseur des horizons dans le profil a été utilisée : les traces de rupture minéralogique ou fonctionnelle, ou les horizons concernés situés plus en profondeur, ont été interprétés comme signifiant que ces changements ont eu lieu, de façon relative, plus anciennement que ceux situés plus haut dans le profil (BAIZE & GIRARD, 2009). Ainsi, les formes d'humus superposées possédant des ruptures en profondeur ont vraisemblablement eu lieu dans un lointain passé. A l'inverse, la présence d'horizons histiques sapriques décomposés et plus secs en surface en dessous des horizons O et en dessus d'autres horizons histiques moins dégradés, a été traduit comme étant un assèchement en cours, puisqu'il semble continuer à l'heure actuelle. Idem pour les surfaces sèches avec des horizons A ou Ah situés en dessus d'horizons hydromorphes de type Ag, g ou G, qui ont été interprétées comme symbolisant un assèchement en cours. Cependant, seules des études futures ou complémentaires permettront de valider ces estimations, puisque cette étude pourrait être le point zéro.

Bas-marais (*Caricion fuscae* et *Caricion davallianae*)

Les bas-marais sont des écosystèmes dont le sol est saturé en eau, alimentés par les eaux de précipitations ainsi que par les eaux provenant du ruissellement et de la nappe phréatique (tourbière, rivière). De par leur saturation en eau, ils sont donc caractérisés par des sols tourbeux à nappe permanente (histosols), mais également par des sols minéraux assez riches en argiles à nappe temporaire pluviale (RÉDOXISOLS), à nappe permanente (RÉDUCTISOLS TYPIQUES) ou à nappe permanente en profondeur et temporaire en surface (RÉDOXISOLS réductiques). Au niveau des formes d'humus, ces milieux présentent majoritairement des HISTOFORMES et des EPIHISTOFORMES, traduisant une saturation en eau pendant plus de six mois par an. Mais ils sont aussi caractérisés par des formes plus sèches notamment en surface, telles que des HYDROFORMES à tendance TERROFORMES, ou des HISTOFORMES à tendance à l'assèchement. Ces derniers, particuliers, présentent des horizons histiques sapriques (Hs) plus secs en dessus d'horizons moins décomposés et plus humides, traduisant une diminution du caractère humide en surface. Cet assèchement en surface conduit à une augmentation de l'activité biologique ou de l'activité des micro-organismes aérobies en surface et donc à une décomposition accrue de la tourbe. Cette décomposition peut amener ensuite à une détérioration des milieux tourbeux et à une modification de la végétation. Dans un premier temps, la discussion porte sur les bas-marais acidophiles *(Caricion fuscae)*, dans un second temps sur les bas-marais alcalins ou neutres *(Caricion davallianae).*

Bas-marais acidophiles (Caricion fuscae)

Les bas-marais acidophiles situés en périphérie des hauts-marais sur le site de La Burtignière, ont la particularité d'être composés de nombreuses espèces acidotolérantes (pH entre 4 et 5) et sont très saturés en eau. Ils sont donc principalement caractérisés par des sols et des formes d'humus organiques, des histosols à HISTOFORMES.

La sous-association *trichophoretosum* du *Caricetum fuscae,* variante à *Festuca rubra* (n=6) regroupe les bas-marais acidophiles (pH entre 4 et 5) situés en bordure des pâturages et des hauts-marais de La Burtignière et de Praz-Rodet. De par sa situation, cette sous-association est soumise, en plus des eaux pluviales et de nappe du haut-marais plus oligotrophes, aux eaux de ruissellement plus eutrophes provenant du pâturage à proximité. Cette sous-association est donc plutôt mésotrophe et sèche par rapport aux autres sous-association du *Caricion fuscae* présentées dans cette étude et contient des espèces de bas-marais (comme *Carex nigra* et *Viola palustris*) ainsi que des espèces plus nitratophiles (comme *Polygonum bistorta*) et de nombreuses graminées prairiales (*Anthoxanthum odoratum*, *Deschampsia cespitosa*, *Festuca ovina* aggr. et *Poa trivialis* s.str.), montrant ainsi une transition avec l'alliance du *Calthion* et les pâturages. Au niveau des sols et des formes d'humus, elle est saturée en eau durant plus de six mois par année, et est trouvée plus précisément sur des histosols à HISTOFORMES peu décomposés (HISTOSOL FIBRIQUE à MÉSIHISTOMOR) ou un peu plus décomposés par des micro-organismes anaérobies (HISTOSOL SAPRIQUE à HUMIHISTOAMPHI), ainsi que sur **des HISTOSOLS FIBRIQUES possédant des horizons sapriques Hs en surface (premiers horizons) plus secs que les autres horizons histiques moins décomposés présents en dessous.** La forme d'humus associée est donc une forme d'humus de type HISTOFORME spécialement créée dans cette étude (cf. section 3.3), qui caractérise la présence de ces horizons de tourbe décomposée en milieu oxique par la faune (Hszo et Hsl) et/ou les micro-organismes aérobies (Hsnoz) : HISTOFORME avec tendance à l'assèchement en surface (Figure 3.4.3). La présence de ces horizons décomposés en surface et non pas en profondeur comme cela l'est théoriquement (BAIZE & GIRARD, 2009 ; CARRERA & BRODARD, 2014), peut être interprétée comme le signe précurseur d'une modification du régime hydrique. Cet horizon plus sec témoigne de conditions oxiques et d'une décomposition de la matière tourbeuse grâce aux micro-organismes aérobies. Par conséquent de probables changements de végétation pourraient survenir dans le futur, allant vers une végétation moins acidophile, moins hygrophile et plus nitratophile, due à la décomposition de la tourbe (minéralisation). En comparaison avec 1974, ces bas-marais montrent déjà une abondance plus élevée d'espèces caractéristiques de conditions plus sèches, comme celles de prairies (graminées), et d'espèces plus nitratophiles, comme *Polygonum bistorta* (cf. section 4.1). On peut aussi supposer que la présence de ces horizons histiques est caractéristique de cette sous-association, puisque celle-ci semble caractérisée par des conditions plus sèches (végétation mésophile) que les autres sous-associations observées dans l'ensemble des sites étudiés, d'où la grande abondance de graminées, de molinie et d'autres espèces de milieux plus secs ou d'humidité variable dans cette sous-association. Cependant, actuellement, puisqu'il n'y a aucun point zéro de comparaison qui nous permet de dire que cette forme d'humus était déjà présente dans le passé, il est impossible de trancher entre ces deux suppositions.

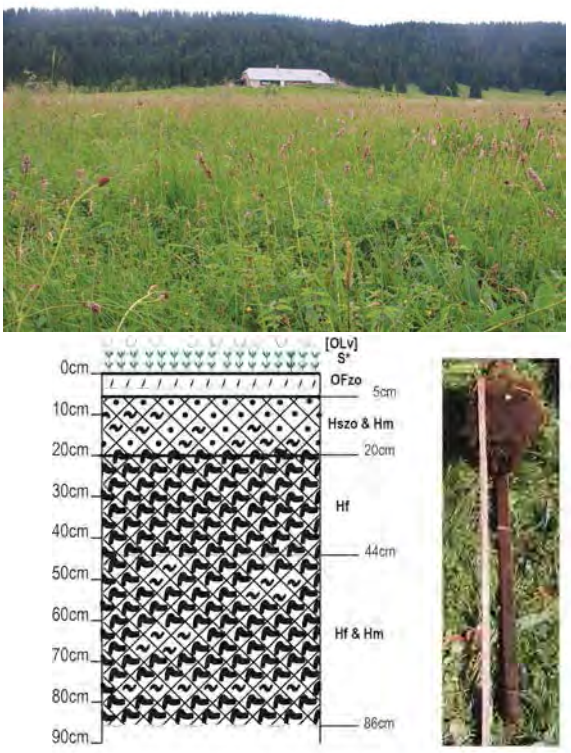


Figure 3.4.3 : Relevé/profil 494, avec la végétation (*Caricetum fuscae trichophoretosum*, *variante à* Festuca rubra*), le sol (HISTOSOL FIBRIQUE) et la forme d'humus (MÉSIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface).

La sous-association *trichophoretosum* du *Caricetum fuscae,* variante à *Calluna vulgaris* (n=6), regroupe les bas-marais acidophiles (pH entre 4 et 5) situés directement en bordure des hauts-marais de La Burtignière et de Praz-Rodet. Elle est notamment caractérisée par la présence d'espèces acidophiles de lande comme *Calluna vulgaris, Vaccinium myrtillus, Vaccinium vitis-idaea, Vaccinium uliginosum* et *Solidago virgaurea* s.str.*,* ainsi que par *Eriophorum vaginatum*, *Trichophorum cespitosum* et par quelques espèces de sphaignes. Saturée toute l'année en eau oligotrophe provenant des précipitations et de la nappe du haut-marais, cette sous-association est majoritairement présente sur des histosols à HISTOFORMES peu ou pas décomposés, qui sont respectivement en formation (HISTOSOLS FIBRIQUES à MÉSIHISTOMORS ; GOBAT *et al.*, 2010 ; Figure 3.4.4) ou contenant de la tourbe conservée (HISTOSOLS MÉSIQUES à FIBRIHISTOMODERS ; GOBAT *et al.*, 2010). Dans les sites d'étude, cette sous-association est également présente sur un RÉDOXISOL épihistique à

HISTOFORME, contenant en surface des horizons histiques très peu décomposés ainsi qu'un plancher imperméable (horizon rédoxique g). Dans ce cas, les eaux de pluie saturent la partie supérieure du profil composée d'horizons histiques au-dessus de l'horizon rédoxique g. De plus, un site de La Burtignière, contenant un histosol superposé à un RÉDUCTISOL TYPIQUE, a subi une modification dans un lointain passé : l'ancien RÉDUCTISOL TYPIQUE, de par sa texture argileuse, a permis à l'eau de rester en surface et de favoriser au-dessus la formation de tourbe et donc d'un histosol. Cette situation peut peut-être également être trouvée sous d'autres hauts-marais, puisque ces histosols sont post-glaciaires et que leur développement à commencé à partir d'un bas-marais posé sur des moraines. Actuellement, la tourbe est saturée en eau par la pluie et la nappe du haut-marais, permettant ainsi la formation de tourbe. Par ailleurs, dans certains relevés/profils possédant un HISTOSOL FIBRIQUE, les conditions acides et humides qui y règnent (pH entre 4 et 5), ainsi que la présence d'espèces turfigènes et acidotolérantes, permettent à la tourbe de s'accumuler et donc à l'histosol de croître. Par conséquent, grâce au feedback positif entre la végétation et les sols, ce type de végétation est maintenu.

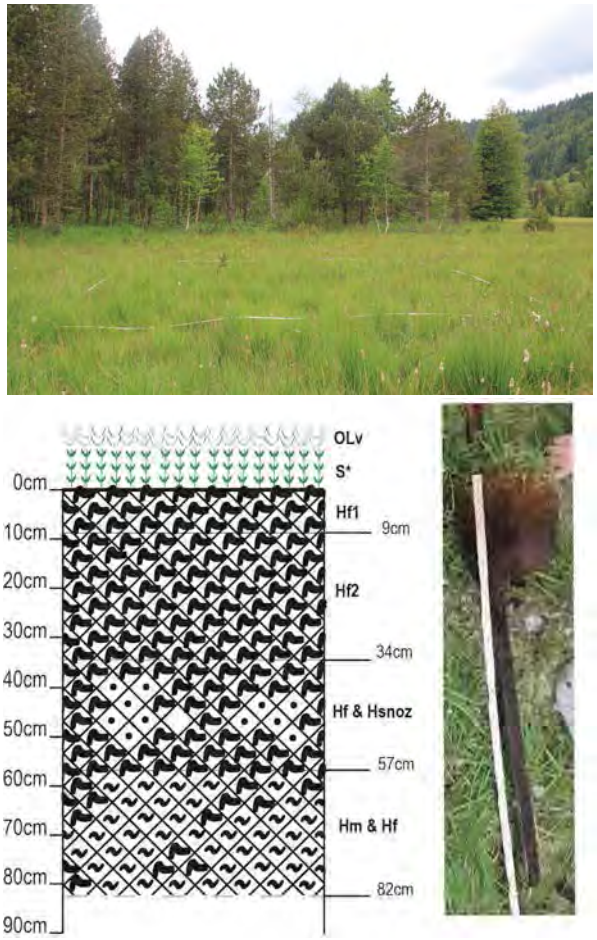


Figure 3.4.4 : Relevé/profil 510, avec la végétation (*Caricetum fuscae trichophoretosum*, *variante à* Calluna vulgaris*), le sol (HISTOSOL FIBRIQUE) et la forme d'humus (MÉSIHISTOMOR).

Une autre sous-association se développant sur sol acide (pH 4), le *Caricetum fuscae comaretosum* (n=2), est présente dans une zone tremblante et gorgée d'eau en bordure de haut-marais. Cette cariçaie de transition entre bas-marais et haut-marais est caractérisée par des espèces turfigènes (sphaignes, laîches et linaigrettes notamment), qui forment des marais à l'aspect tremblant, amenant ensuite à la formation du haut-marais et de son bombement caractéristique. Elle est ainsi composée d'espèces de bas-marais comme *Swertia perennis* et *Parnassia palustris*, d'espèces acidophiles ou acidotolérantes comme *Carex nigra, Viola palustris* et *Eriophorum vaginatum,* ainsi que par d'autres espèces du *Caricion lasiocarpae,* comme *Potentilla palustris* et *Carex diandra*, une espèce rare et vulnérable dans le Jura et en Suisse selon la Liste Rouge (MOSER *et al.,* 2002). Elle est située sur des sols tourbeux, des histosols, notamment sur des HISTOSOLS FIBRIQUES ou MÉSIQUES acides, oligotrophes et flottants à HISTOFORMES (Figure 3.4.5). Ainsi, l'eau est présente abondamment sur l'entier du profil jusqu'en surface. La végétation turfigène qui s'y trouve, en mourant, ne peut pas être dégradée à cause de ces conditions anoxiques et réductrices qui favorisent leur accumulation et la formation de tourbe, ce qui contribue également au maintien de l'acidité dans le milieu.

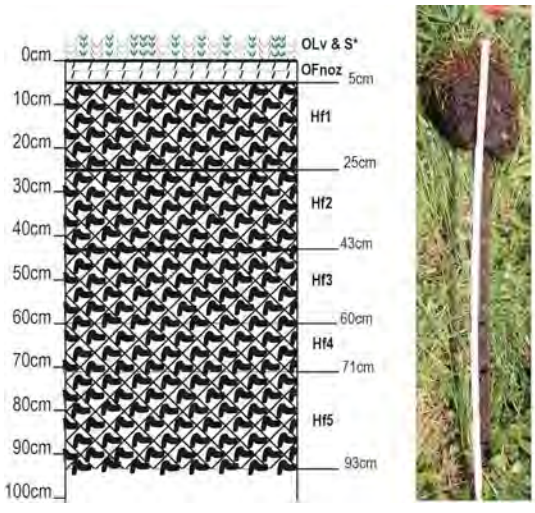


Figure 3.4.5 : Relevé/profil 512, avec la végétation (*Caricetum fuscae comaretosum*), le sol (HISTOSOL FIBRIQUE) et la forme d'humus (FIBRIHISTOMOR).

Conformément à la littérature existante (GALLANDAT, 1982 ; GOBAT, 1984 ; EGLOFF, 1994 ; BRESSOUD & GIUGNI, 1996 ; DELARZE & GONSETH, 2008), l'alliance du ***Caricion fuscae****,* dans les sites étudiés, est située en périphérie des hauts-marais, sur des sols tourbeux saturés en eau parfois jusqu'en surface, et est composée d'une végétation majoritairement acidotolérante.

La **sous-association *comaretosum* du *Caricetum fuscae*** est connue pour être typique des zones dynamiques dites à tourbe en croissance (GALLANDAT, 1982 ; GOBAT, 1984). Cette étude a permis d'en apporter une preuve supplémentaire grâce aux sols et aux formes d'humus.
La **sous-association *trichophoretosum* du *Caricetum fuscae,* variante à *Calluna vulgaris*** est décrite par GALLANDAT (1982) comme ayant un caractère et un aspect de lande, ce qui a été confirmé ici par cette étude.
La **sous-association *trichophoretosum* du *Caricetum fuscae,* variante à *Festuca rubra*** est décrite à nouveau par GALLANDAT (1982) comme regroupant les bas-marais caractérisés par des conditions plus sèches et par une végétation composée de nombreuses espèces forestières ou ligneuses ainsi que de beaucoup de graminées.

Concernant l'état de conservation, cette étude démontre que cette alliance est globalement stable actuellement dans les sites étudiés. La présence de tourbe asséchée et dégradée en surface, particulièrement dans la **sous-association *trichophoretosum* du *Caricetum fuscae,* variante à *Festuca rubra***, peut représenter plusieurs choses actuellement. En effet, comme il n'y a aucun point de comparaison avec le passé (aucun moyen de savoir si cette forme d'humus existait déjà par le passé et avec quelle végétation), il est impossible de trancher à l'heure actuelle entre ces deux suppositions :

(1) comme ce milieu est caractérisé par des conditions plus sèches que les autres sous-associations observées, il se peut que la présence de ces horizons histiques en surface soit en équilibre avec ce milieu.
(2) ces horizons histiques dégradés peuvent représenter une modification semblant être en cours, liée à un assèchement découlant majoritairement des activités humaines (comme la déprise agricole ou les nombreux drains existant et toujours fonctionnels dans la zone). Ceci confirmerait le fait que cette alliance est très sensible au drainage (DELARZE & GONSETH, 2008).

Bas-marais alcalins ou neutres (Caricion davallianae)

Les bas-marais calcaires étudiés (*Caricion davallianae*) sont des écosystèmes présents au Sentier, à La Burtignière ainsi qu'à Chapelle-des-Bois. Dans cette étude, ils ont principalement été observés sur des histosols avec des HISTOFORMES, mais sont également sur des sols minéraux (RÉDOXISOLS, RÉDOXISOLS réductiques et RÉDUCTISOLS TYPIQUES) possédant des horizons histiques en surface comme dans les EPIHISTOFORMES, ou non, comme dans les EUHISTOANMOORS ou les HYDROFORMES à tendance TERROFORMES.

L'association du *Caricetum davallianae* (n=4)*,* dominée par les laîches (*Carex*) et *Molinia caerulea,* est présente à La Burtignière (bordure de bas-marais acidophiles entourant les hauts-marais), et au bord de l'Orbe à proximité de pâturage) ainsi qu'à Chapelle-des-Bois (bordure du lac des Mortes, en dessous du *Molinion*), plus précisément dans les bas de pente ou les faibles pentes. A La Burtignière, elle repose sur des sols tourbeux plutôt basiques (pH entre 5 et 6) de types histosols à HISTOFORMES (HISTOSOLS MÉSIQUES et SAPRIQUES). Ces sols contiennent soit de la matière organique plutôt bien conservée soit bien décomposée (GOBAT *et al.*, 2010). L'HISTOSOL SAPRIQUE à SAPRIHISTOMODER est présent dans un pâturage et est très piétiné. Le piétinement par le bétail a une influence sur le sol, puisqu'il a tendance à tasser et compacter sa surface. Ainsi, un tassement des premiers horizons d'un histosol amène régulièrement ces horizons à être moins perméables et à être exposés à l'air, ce qui conduit à une dégradation de la matière organique et donc à la présence d'horizons sapriques (GOBAT *et al.*, 2010). A Chapelle-des-Bois, cette association est présente sur un RÉDUCTISOL TYPIQUE à EUHISTOANMOOR (pH 6), dont l'EUHISTOANMOOR est une forme d'humus très riche en matière organique, saturée en eau en hiver et plutôt sèche en été (Figure 3.4.6). Ce dernier sol est soumis à la nappe permanente du lac des Mortes qui atteint et sature la surface du profil notamment lors de périodes de hautes eaux (Figure 3.4.6). A l'inverse, en été, cette nappe permanente s'abaisse et laisse les horizons de surface (dont l'horizon organo-minéral) en conditions aérées propices à une activité biologique efficace et donc à la décomposition de la matière organique. Ainsi, au niveau des espèces végétales, cette association est composée, en plus de mousses, d'un ensemble d'espèces de bas-marais (*Carex davalliana, Carex nigra, Carex flava, Pedicularis palustris, Eriophorum angustifolium, Eriophorum latifolium*, *Primula farinosa, Pinguicula vulgaris* et *Swertia perennis*) ainsi que de quelques espèces de la classe des *Molinietalia* qui caractérisent bien les variations saisonnières d'humidité en surface que peut subir cette sous-association (*Succisa pratensis, Sanguisorba officinalis, Briza media, Galium uliginosum, Valeriana dioica* et *Angelica sylvestris*).

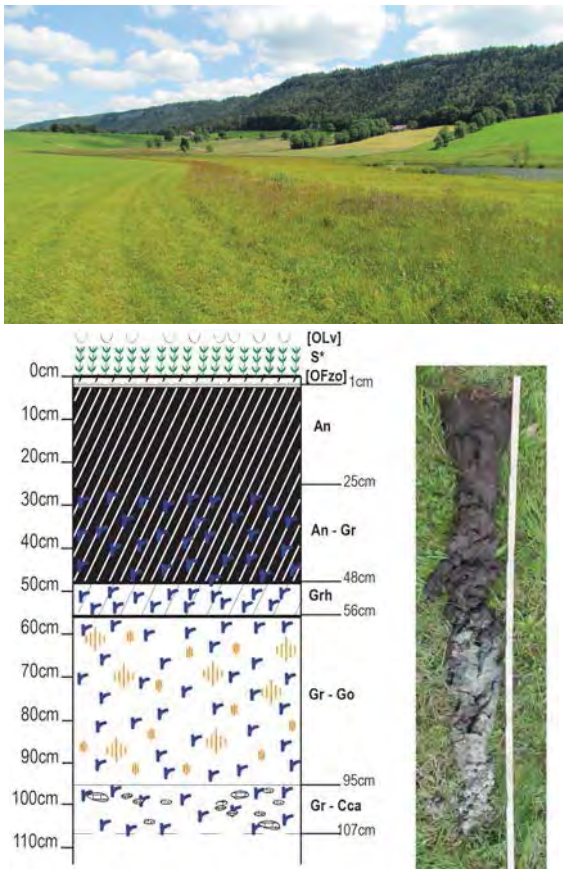


Figure 3.4.6 : Relevé/profil 1106, avec la végétation (*Caricetum davallianae*), le sol (RÉDUCTISOL TYPIQUE) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR).

Le Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum* (n=6), situé à La Burtignière et à Chapelle-des-Bois principalement en bordure de bas-marais acidophiles ou de hauts-marais, est composé de touffes de *Molinia caerulea*, une espèce caractéristique des sols à humidité variable supportant des périodes de sécheresse, notamment en été. Ce milieu plutôt calcicole, est présent majoritairement sur des histosols calciques et oligotrophes (HISTOSOL FIBRIQUE, MÉSIQUE ou SAPRIQUE) qui comportent une HISTOFORME. Dans les cas d'histosols à EUHISTOANMOORS, ces sols sont composés d'un horizon organo-minéral à anmoor présent au-dessus d'horizons histiques (Figure 3.4.7), donc formé grâce à un apport de minéral et qui fonctionne actuellement avec des variations saisonnières d'humidité. Un autre relevé/profil, symbolisant également une humidité variable selon les saisons, est posé sur un sol minéral à nappe temporaire, un RÉDOXISOL à EUHISTOANMOOR. Tous ces sols ont un pH se situant entre 5 et 5.5. Ce groupement est donc principalement soumis aux eaux de la nappe phréatique plutôt riches en cations basiques, et peut également subir des variations saisonnières d'humidité.

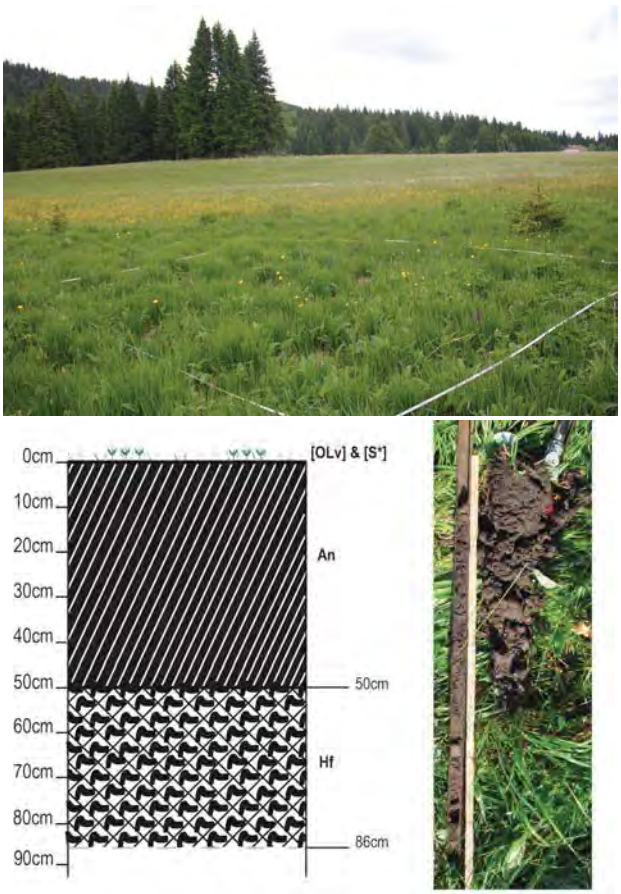


Figure 3.4.7 : Relevé/profil 1498, avec la végétation (Groupement à* Molinia caerulea *et* Trichophorum cespitosum*), le sol (HISTOSOL FIBRIQUE) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR).

Le Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartsia alpina* (n=2), présent uniquement dans les hauts-marais de Chapelle-des-Bois, est situé dans une zone tourbeuse très humide constituée de marais tremblants, de buttes et de gouilles (*Rhynchosporion* et *Sphagnion magellanici).* Ce milieu plutôt acide (pH 4.5), est caractérisé par la présence de *Trichophorum alpinum*, de *Bartsia alpina,* de *Rhynchospora alba* et d'*Andromeda polifolia.* Il repose sur des histosols à HISTOFORMES, et plus précisément des HISTOSOLS FIBRIQUES à MÉSIHISTOMORS, et est donc soumis aux eaux de pluies ainsi qu'aux eaux de la nappe du haut-marais (Figure 3.4.8).

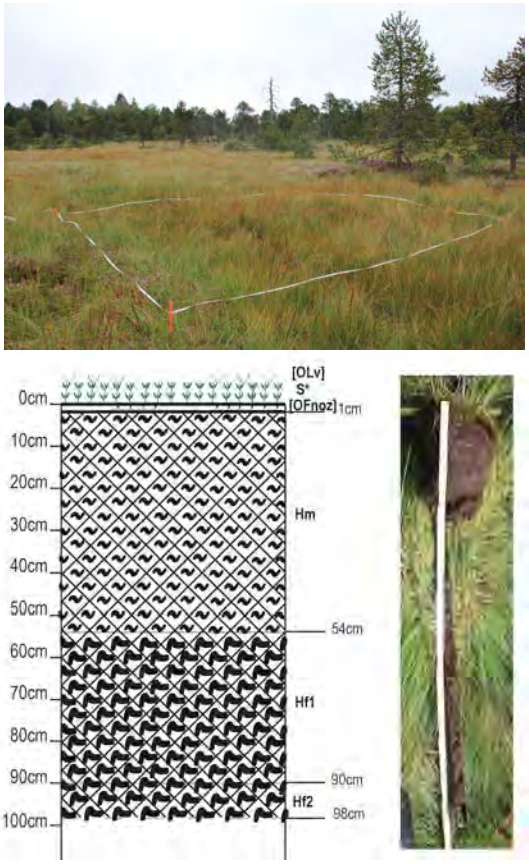


Figure 3.4.8 : Relevé/profil 1608, avec la végétation (Groupement à* Trichophorum alpinum *et* Bartsia alpina*), le sol (HISTOSOL FIBRIQUE) et la forme d'humus (MÉSIHISTOMOR).

Le *Caricion davallianae* du Sentier est présent avec une association particulière, le *Primulo-Schoenetum* (n=9), dans de petites cuvettes composées de craie lacustre et de dépôts glaciaires et alluviaux du Quaternaire, humides et riches en matière organique (GALLANDAT, 1982 ; FERREZ, 2004a et 2004b). Cette association est directement influencée par la nappe du lac de Joux. Elle est caractérisée par deux espèces, *Primula farinosa* et *Schoenus ferrugineus* (Figure 3.4.9). Cette craie lacustre carbonatée permet la formation de différents sols, minéraux et calcaires pour la plupart (décarbonatés en surface pour d'autres ; avec un pH entre 6 et 7), comme des sols à nappe temporaire (RÉDOXISOL), à nappe permanente (RÉDUCTISOL TYPIQUE) ainsi que des sols à deux nappes (RÉDOXISOL réductique ; Figure 3.4.9). Cette craie lacustre, friable et perméable, permet à l'eau de monter facilement jusqu'à la surface lors de la fonte des neiges ou lors des pluies, provoquant ainsi une accumulation de matière organique dans l'horizon de surface. On retrouve ainsi en surface des horizons organo-minéraux traduisant le passage de conditions plus humides et saturées à des conditions plus sèches notamment en été, avec notamment des EUHISTOANMOORS (Figure 3.4.9).

D'autres relevés/profils ont des RÉDUCTISOLS TYPIQUES ou RÉDOXISOLS caractérisés par des formes d'humus à tendance plus sèches en surface, avec les HYDROFORMES à tendance TERROFORMES. Dans ce cas, qui peut symboliser un début d'assèchement, la nappe phréatique du lac située en profondeur (ou la nappe pluviale pour les RÉDOXISOLS) sature le profil sans atteindre la surface. Les horizons de surface sont donc soumis à l'air et à une dégradation assez efficace par l'activité biologique et les micro-organismes aérobies. Cet assèchement peut également provenir d'une évapotranspiration augmentée du milieu résultant d'un abandon de la fauche de ces parcelles (HORTON, 1973). Ces formes d'humus peuvent également représenter un équilibre de ce milieu, avec une surface plus sèche saisonnièrement pouvant être caractéristique de ce milieu. Cependant, actuellement, puisqu'il n'y a aucun point zéro de comparaison qui nous permet de dire que cette forme d'humus était déjà présente dans le passé, il est impossible de trancher entre ces deux suppositions. A l'inverse, en quelques endroits, le sol est saturé en permanence, permettant la formation de tourbe. Dans ces zones, on observe notamment un HISTOSOL MÉSIQUE à FIBRIHISTOMODER, ainsi qu'un RÉDOXISOL épihistique à EPIHISTOMOR. Dans ce dernier cas, les eaux de pluie peuvent rester en surface et permettre la formation de tourbe.

Ce milieu semble donc être caractérisé par des conditions de régime hydrique variées.

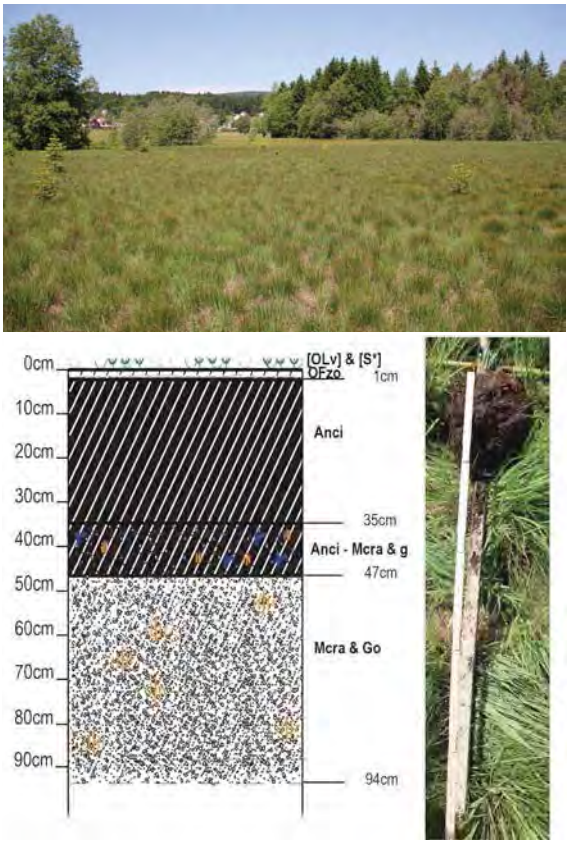


Figure 3.4.9 : Relevé/profil 698, avec la végétation (*Primulo-Schoenetum*), le sol (RÉDOXISOL réductique) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR).

Les résultats concernant l'alliance du ***Caricion davallianae*** sont en adéquation avec les résultats obtenus par de nombreuses études effectuées dans d'autres régions de Suisse (GALLANDAT, 1982 ; GOBAT, 1984 ; EGLOFF, 1994 ; BRESSOUD & GIUGNI, 1996 ; DELARZE & GONSETH, 2008) : dans les sites étudiés, cette alliance se développe sur des sols tourbeux ainsi que sur des sols minéraux caractérisés par des régimes hydriques variés (nappe temporaire ou nappe permanente), et est composée d'espèces basophiles. Par ailleurs, cette étude a permis de déclarer que les quatre associations trouvées sur l'ensemble des sites diffèrent les unes des autres par le régime hydrique et l'intensité d'engorgement. Les résultats de cette étude concordent avec les observations pédologiques faites par (GAIFFE, 1978) : de manière générale, cette alliance est trouvée sur des sols possédant une surface assez noire très humifère et peu transformée, signe d'une plus grande proportion durant toute l'année d'alternance de conditions sèches et saturées en eau, au contraire du *Molinion*, qui est caractérisé par une nappe assez stable et à un bas niveau durant l'été (conditions sèches permettant l'incorporation de la matière organique dans le sol ; cf. encadré sur le *Molinion*).

L'**association *Caricetum davallianae*** est connue pour être très fréquente dans le Jura et particulièrement à la Vallée de Joux et dans le Jura français (GALLANDAT, 1982). Cette étude a permis de confirmer les déclarations de GALLANDAT (1982) et de BRESSOUD & GIUGNI (1996), comme quoi cette association repose sur des substrats tourbeux ou minéraux, et est caractérisée par une variabilité hydrique (allant d'un engorgement permanent à un engorgement saisonnier).
L'**association *Primulo-Schoenetum*** est un type de végétation peu fréquent qui est connu pour reposer sur des sols carbonatés avec une nappe superficielle (GALLANDAT, 1982 ; BRESSOUD & GIUGNI, 1996 ; FERREZ *et al.*, 2011). Les résultats obtenus ici confirment ces propos : la craie lacustre présente de façon abondante au bord du lac de Joux permet donc la formation de cette association particulière. On peut même ajouter que les sols sur lesquels elle repose sont assez profonds et contiennent passablement de matière organique en surface avec parfois des horizons tourbeux représentant une saturation en eau importante. De plus, cette association semble liée aux fluctuations saisonnières du lac ainsi qu'aux précipitations (GALLANDAT, 1982 ; FERREZ *et al.*, 2011).
Concernant le **Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum***, cette étude a démontré que ce milieu se développe sur des sols tourbeux et organo-minéraux**.** L'étude combinée des sols et des formes d'humus a également permis de mettre en évidence que ce groupement est caractérisé par un régime hydrique variable notamment durant les saisons, ce qui explique la présence abondante de *Molinia caerulea.* Comme GALLANDAT (1982) l'avait supposé, les sols identiques dans certains relevés/profils entre ce groupement et le *Caricetum davallianae* peuvent indiquer que ce groupement est dérivé du *Caricetum davallianae* par un assèchement.
Le **Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartsia alpina*** est un milieu présent dans des hauts-marais sur des sols tourbeux saturés en eau et en croissance. Comme GALLANDAT (1982) l'avait supposé, ce type de végétation est complètement lié écologiquement avec les autres types de végétation présents à proximité dans les gouilles et sur les buttes.

Concernant l'état de conservation, cette étude démontre que cette alliance est globalement stable actuellement dans les sites étudiés.
La présence de formes d'humus présentant une surface sèche, HYDROFORMES à tendance TERROFORMES, ou synonymes de conditions de régime hydrique fluctuant saisonnièrement, EUHISTOANMOORS, peut représenter plusieurs choses actuellement. En effet, comme il n'y a aucun point de comparaison avec le passé (aucun moyen de savoir si ces formes d'humus existaient déjà par le passé et avec quelle végétation), il est pour l'heure impossible de trancher entre ces deux suppositions :

(1) comme cette alliance semble supporter un léger assèchement de type saisonnier d'où la présence de cette alliance dans des conditions de régimes hydriques variés, il se peut que la présence de ces horizons plus secs soit en équilibre actuellement avec les milieux concernés. A l'inverse, cette alliance ne semble pas apprécier un assèchement sur le long-terme (DELARZE & GONSETH, 2008).

(2) ces formes d'humus plus sèches en surface peuvent représenter une modification semblant être en cours, particulièrement dans le *Primulo-Schoenetum*, qui présente peut-être un signe d'un début d'assèchement lié aux activités humaines, comme la déprise agricole ainsi que les nombreux drains observés sur le site du Sentier. Ceci confirmerait le fait que cette alliance est très sensible au drainage (DELARZE & GONSETH, 2008). Dans le Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum,* les formes d'humus composées de matière minérale au-dessus d'horizons tourbeux, indiquant une modification des conditions ayant vraisemblablement eu lieu dans le passé (apport de minéral), peuvent tout aussi bien indiquer une future dégradation de ce milieu qu'au contraire une certaine stabilité dans le temps.

Marais de transition (*Rhynchosporion*)

Le marais de transition, appartenant à l'alliance du *Rhynchosporion* (n=1), est présent dans un haut-marais de Chapelle-des-Bois, plus précisément dans les gouilles abritant des sphaignes, *Rhynchospora alba*, *Trichophorum cespitosum* et *Carex rostrata*. Ces gouilles sont entourées de buttes à landes plus sèches composées de *Calluna vulgaris,* d'*Eriophorum vaginatum,* d'*Andromeda polifolia* et d'*Eriophorum angustifolium* (Figure 3.4.10), et reçoivent les cations lixiviés provenant de ces buttes (MATTHEY, 1996). Ce milieu acidophile (premiers horizons mesurés à pH 4) et oligotrophe de transition entre les landes humides et le haut-marais, se développe sur des sols acides et est soumis aux eaux de la nappe affleurante du haut-marais ainsi qu'à des suintements qui saturent l'entier du solum et favorisent la formation de tourbe. Ce type de végétation est donc caractérisé par un histosol à HISTOFORME et plus précisément un HISTOSOL MÉSIQUE flottant, acide et oligotrophe, à FIBRIHISTOMODER (Figure 3.4.10).

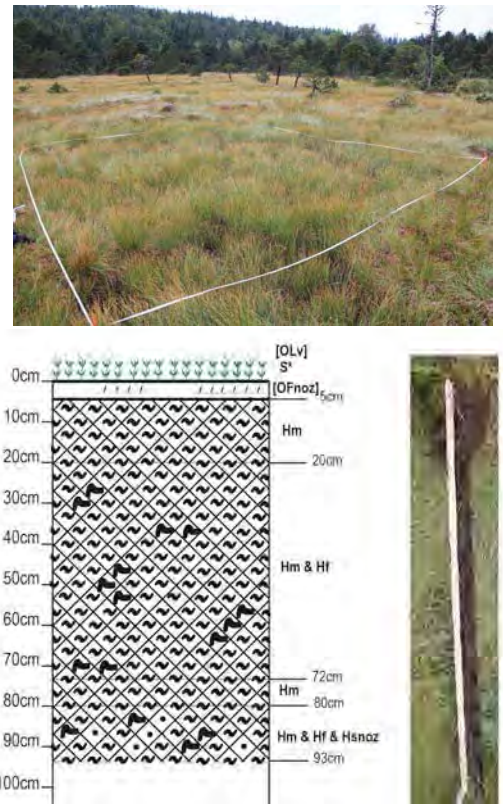


Figure 3.4.10 : Relevé/profil 1610, avec la végétation (*Rhynchosporion*), le sol (HISTOSOL MÉSIQUE) et la forme d'humus (FIBRIHISTOMODER).

L'alliance du ***Rhynchosporion*** avec l'association du ***Rhynchosporetum albae***, tout comme on l'attendait selon la littérature existante (GALLANDAT, 1982 ; BRESSOUD & GIUGNI, 1996 ; GROSVERNIER *et al.*, 1997 ; DELARZE & GONSETH, 2008), est située dans les sites étudiés dans les hauts-marais (zone de gouilles et de buttes), et est composée d'une végétation majoritairement oligotrophile et acidophile, et repose sur des sols tourbeux saturés jusqu'en surface par la nappe du haut-marais.

Concernant l'état de conservation dans les sites étudiés, les études des sols et des formes d'humus effectuées dans cette section indiquent que cette alliance et association est actuellement caractérisée par des conditions stables et saturées en eau, permettant ainsi la formation et la croissance de la tourbe. Cette généralisation reste ici cependant délicate, puisque ce constat n'a été établi qu'avec un relevé. Il se peut que dans quelques zones de hauts-marais soient moins stables que celui étudié ici.

Prairies à humidité variable (*Molinion*)

Le *Molinion* est une alliance regroupant les prairies maigres non fertilisées et se développant sur des sols alcalins et à humidité variable. Elle est présente à Chapelle-des-Bois (sous-association du *Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*) ainsi qu'au Sentier (sous-association du *Trollio-Molinietum silaetosum*). Du fait de cette variation saisonnière d'humidité, ce type de végétation ne contient aucun histosol ni HISTOFORME. Au contraire, elle contient différents types de sols plutôt secs et/ou très peu profonds (dits « leptiques »), qui ont tous le même fonctionnement, c'est-à-dire des sols pouvant s'assécher durant les périodes de faibles pluies ou de basses nappes.

A Chapelle-des-Bois, la sous-association présente (*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis* (n=16), pH du sol entre 5 et 6) est caractérisée par une très grande biodiversité animale et végétale, avec notamment la présence d'espèces végétales subalpines comme *Carex sempervirens*, *Bartsia alpina*, *Anemone narcissiflora, Serratula tinctoria* s.str. et *Hypochaeris maculata* (GALLANDAT, 1982 ; BAILLY *et al.*, 2007 ; Figure 3.4.11). Elle est présente sur de faibles pentes ou sur les petites buttes morainiques bordant les lacs de Bellefontaine et des Mortes. Ces conditions drainantes permettent un assèchement du sol en été, et un engorgement temporaire en hiver ou lors des pluies, des conditions qui sont caractéristiques de cette sous-association tout comme de l'association du *Trollio-Molinietum* en général (FERREZ, 2011). La surface du sol est sèche, permettant la formation d'horizons organo-minéraux caractéristiques des TERROFORMES ou parfois des HYDROFORMES, ainsi que des formes HYDROFORMES à tendance TERROFORMES.

Quelques-unes de ces formes d'humus contiennent des horizons organo-minéraux humifères (Ah), signe d'une accumulation de matière organique humifiée suite à une minéralisation secondaire très faible. Concernant les sols, on retrouve des sols à nappe temporaire, les RÉDOXISOLS, ainsi que d'autres sols de prairies plus sèches comme les CALCOSOLS. D'autres sols intermédiaires, comme les RENDOSOLS – RÉDOXISOLS, RENDISOLS – RÉDOXISOLS et CALCOSOLS – RÉDOXISOLS sont également présents. Ces derniers sont très peu profonds et possèdent quelques traces d'hydromorphie, caractérisant la saturation en eau temporaire existant durant les pluies ou la fonte des neiges, ainsi que des plages drainantes à structure polyédrique et contenant des cailloux. La variante sèche à *Cirsium acaule,* située en bordure des lacs des Mortes et de Bellefontaine, dans des zones non fauchées, est notamment présente sur des sols possédant des formes d'humus caractérisées par des conditions sèches, pouvant représenter une tendance à l'assèchement : CALCOSOL – RÉDOXISOL à HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL, CALCOSOL à OLIGOTERROMULL et RENDISOL – RÉDOXISOL à HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL. La variante à *Carex hostiana* (Figure 3.4.11) croît sur des sols un peu plus humides (avec plus de variations d'humidité) et ainsi sur des RÉDOXISOLS à HYDROMULL, mais également sur des RÉDOXISOLS possédant des formes d'humus à tendance à l'assèchement en surface, soit HYDROMULLS à tendance TERROMULLS (Figure 3.4.11).

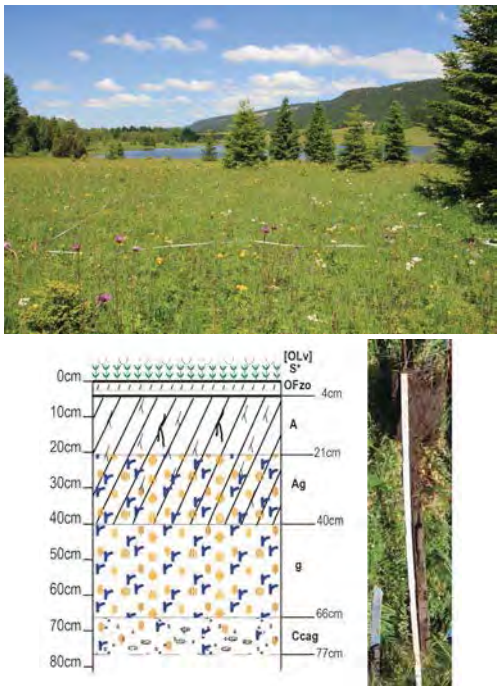


Figure 3.4.11 : Relevé/profil 1496, avec la végétation (*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*, variante humide à* Carex hostiana*), le sol (RÉDOXISOL surrédoxique) et la forme d'humus (HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL).

Au Sentier, au bord du lac de Joux, la sous-association du *Trollio-Molinietum silaetosum* (n=7) est composée de prairies qui ne sont plus fauchées actuellement et est caractérisée par *Silaum silaus* et *Sesleria caerulea* (Figure 3.4.12). Elle est typique de ce site. Elle est en contact avec le *Caricion davallianae* (association du *Primulo-Schoenetum*) et est située sur de petites buttes composées de craie lacustre ou de moraine. La molinie (*Molinia caerulea*) est très présente, donnant à cette association un aspect de touradons, et est associée à diverses espèces de bas-marais comme *Primula farinosa, Carex hostiana* et *Parnassia palustris.* Au niveau des conditions et des sols, elle présente les mêmes caractéristiques qu'à Chapelle-des-Bois, mises à part les conditions un peu plus basiques à cause de la présence de craie lacustre (pH entre 6 et 6.5). Ainsi, comme à Chapelle-des-Bois, des sols peu profonds et filtrants sont trouvés, et notamment des types possédant une double appellation et contenant des traces d'hydromorphie caractérisant la saturation temporaire existant durant les pluies ou la fonte des neiges : les RENDOSOLS – RÉDOXISOLS ainsi que des CALCOSOLS – RÉDOXISOLS. Dans des endroits possédant des sols plus profonds, plus précisément sur de la craie lacustre, on retrouve des RÉDUCTISOLS TYPIQUES ainsi qu'un RÉDOXISOL réductique possédant les deux une nappe permanente en profondeur et très fluctuante provenant du lac (le RÉDOXISOL contient également une nappe temporaire en surface provenant des pluies ; Figure 3.4.12). Le battement de ces nappes est suffisamment grand selon les saisons pour permettre à cette végétation de s'y installer. Au niveau des formes d'humus, tous ces sols possèdent une surface à tendance à l'assèchement très appréciée de la molinie et caractéristique des HYDROFORMES à tendance TERROFORMES (Figure 3.4.12). L'eau sature donc le profil par capillarité jusqu'à une certaine profondeur, sans atteindre la surface. Celle-ci, dans ces conditions sèches, est alors soumise à l'action des différents organismes décomposeurs aérobies. Ces horizons de surface sont notamment caractérisés par une très forte teneur en matière organique humifiée (horizons Ah), ceci notamment à cause de la présence d'ions Ca^{2+} qui bloquent la minéralisation secondaire et donc le relâchement de nutriments dans le sol (GOBAT *et al*., 2010).La présence importante de saules et d'autres ligneux comme les épicéas et les bouleaux, favorisés par la déprise agricole ainsi que les diverses plantations, participent grandement à la variation d'eau existante dans ce milieu. Dans les années à venir, sans entretien, la contribution de ces arbustes pourrait devenir de plus en plus importante, et même mener ce milieu à un assèchement ou à une fermeture, comme c'est déjà le cas pour le relevé/profil 1398 situé dans une plantation d'épicéas. De nouvelles mesures de gestion seraient à envisager dans cette zone afin de ralentir l'atterrissement, l'assèchement et la colonisation forestière du milieu, par exemple en ré-introduisant un système de fauche avec évacuation de la litière, couplée à un débroussaillage à la main de tous les petits ligneux poussant dans le marais et à la coupe de quelques épicéas.

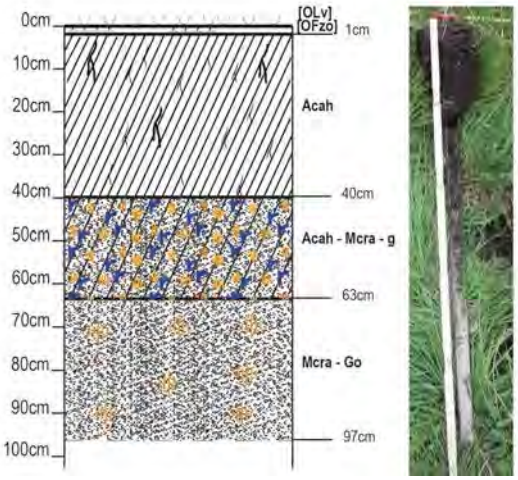


Figure 3.4.12 : Relevé/profil 1393, avec la végétation (*Trollio-Molinietum silaetosum*), le sol (*RÉDUCTISOL TYPIQUE* réductique, calcaire et issu de craie lacustre) et la forme d'humus (*HYDROMULL* à tendance *OLIGOTERROMULL*).

Conformément à la littérature existante (GALLANDAT, 1982 ; EGLOFF, 1994 ; BRESSOUD & GIUGNI, 1996 ; JUILLERAT, 2004 ; DELARZE & GONSETH, 2008), l'alliance du ***Molinion*** et plus précisément l'association ***Trollio-Molinietum*** dans les sites étudiés, est composée d'une végétation typique de prairie oligotrophe (caractérisée par *Molinia caerulea)* se développant sur des sols minéraux peu profonds et assez filtrants, et à humidité variable selon les saisons. Dans d'autres régions du Jura français, cette alliance et association est également trouvée sur des sols tourbeux à assèchement estival (BAILLY *et al*., 2007 ; FERREZ, 2011). Ceci n'est pas le cas dans les sites étudiés ici : malgré les fortes pluies, l'association présente ici des aspects moins hygrophiles (et ne permettant donc pas la formation de tourbe), vraisemblablement du fait que les sols et le sous-sol sont particulièrement filtrants (porosité du substrat géologique : craie lacustre pour le site du Sentier et dépôts alluviaux et morainiques pour le site de Chapelle-des-Bois ; présence de nombreux cailloux), qui contrebalancent l'effet du climat. Ceci démontre une nouvelle fois la capacité d'adaptation de la molinie, pouvant pousser dans des zones humides ainsi que plus sèches (GALLANDAT, 1982 ; EGLOFF, 1994). Par ailleurs, les résultats de cette étude concordent avec ceux de GAIFFE (1978) : dans cette alliance, les nappes s'abaissent rapidement après la fonte des neiges pour atteindre en été, un niveau très bas et stable. Les longs moments d'aérobiose qui en résultent permettent une incorporation de l'humus ou de la matière organique dans le reste du sol ou substrat.

La **sous-association *caricetosum sempervirentis* du *Trollio-Molinietum*** est connue pour être abondante et typique du site de Chapelle-des-Bois. Le microclimat de vallée fermée très froide régnant sur ce site permet le développement de nombreuses espèces subalpines (GALLANDAT, 1982 ; BAILLY *et al.*, 2007 ; FERREZ *et al.*, 2011). De plus, les sols assez secs en surface observés dans cette étude permettent de confirmer à nouveau l'humidité temporaire de l'alliance du *Molinion* et de cette association. Les espèces subalpines qui se développent sont donc des espèces de milieux relativement secs, avec par exemple *Carex sempervirens* et *Sesleria caerulea*.
La **sous-association *silaetosum* du *Trollio-Molinietum*** est connue pour être fréquente sur le site du Sentier sur des petites buttes morainiques ou de craie lacustre, et est complètement influencée par les battements du lac de Joux (GALLANDAT, 1982). Ceci a été confirmé ici par cette étude. Les sols observés ici sont également caractéristiques d'une humidité variable, avec des surfaces plutôt sèches et une profondeur parfois assez humide.

Concernant l'état de conservation, les formes d'humus sèches détectées dans cette étude semblent être caractéristiques de l'humidité variable régnant dans cette alliance, ainsi que de son état exceptionnellement stable. Cependant, ces milieux étant complètement dépendants de l'homme et de ses activités agricoles (BAILLY *et al*., 2007 ; GUYONNEAU, 2010), la déprise observée notamment sur le site du Sentier semble avoir provoqué un embuissonnement important dans la sous-association *silaetosum.* Ainsi, on ne peut donc pas exclure que les formes d'humus observées soient également des indices d'un changement de dynamique, notamment d'un assèchement provoqué par cette déprise agricole et l'évapotranspiration plus élevée qui en découle (HORTON, 1973), mais aussi par la présence des drains existant sur le site du Sentier. Comme il n'y a aucun moyen de savoir si ces formes d'humus existaient déjà par le passé et avec quelle végétation, il est pour l'heure impossible de trancher entre ces deux suppositions. A noter également que le *Molinion* peut être forestier, et donc que ces formes d'humus plus sèches peuvent être tout à fait normales.

Prairies humides (*Calthion*)

Les prairies humides appartenant à l'alliance du *Calthion* possèdent une diversité assez importante de sols et de formes d'humus, allant des sols secs de type CALCOSOLS à TERROFORMES aux sols humides comme les RÉDUCTISOLS TYPIQUES ou RÉDOXISOLS. Des sols tourbeux de type histosols à HISTOFORMES ainsi que des histosols à HISTOFORMES avec tendance à l'assèchement sont également trouvés. La présence de chacun de ces types dépend notamment de sa situation dans le paysage (en pente ou non par exemple). Ces deux caractéristiques traduisent ainsi un niveau d'humidité différent qui, lui, additionné au type de végétation, influence la décomposition de la matière organique.

Le *Trollio-Cirsietum potentilletosum* (n=4) est observé à La Burtignière et regroupe les prairies encore fauchées, ou qui l'ont été par le passé, présentes au sud de Praz-Rodet ainsi qu'à proximité de bas-marais entourant les hauts-marais. Cette sous-association est caractérisée par une végétation de transition avec les bas-marais (*Carex davalliana*, *Primula farinosa, Carex nigra*, *Viola palustris* et *Carex echinata*) et les prairies plus eutrophes (*Silene flos-cuculi*, *Polygonum bistorta* et *Geum rivale*), et est soumise à des suintements ainsi qu'à la nappe phréatique provenant du haut-marais tout proche. Probablement issue de la dégradation d'un bas-marais par eutrophisation, peut-être à cause de l'abandon de la fauche ou alors à une ancienne fertilisation indirecte ou par une pâture intensive, cette sous-association est caractérisée par une humidité jusqu'à la surface du sol, se traduisant par la présence d'un tapis important de mousses. Dans ces conditions, la matière végétale morte ne se décompose que très peu ou très lentement, et a tendance à s'accumuler. Ainsi, cette sous-association est caractérisée par des sols et formes d'humus organiques de type histosols à HISTOFORMES, notamment dans la variante neutro-basophile à *Carex davalliana* (pH 5.5). Cet HISTOSOL MÉSIQUE à MÉSIHISTOMODER possède en surface des horizons de tourbe plus décomposée de type Hsnoz signalant que les bactéries anaérobies y sont très abondantes (car les conditions sont anoxiques, saturées en eau) et permettent une décomposition relativement efficace de la matière organique. Dans la variante plus acide à *Viola palustris* (pH 4.5. à 5 ; Figure 3.4.13), la surface du sol tend à être assez sèche (en tout cas moins humide que les autres horizons histiques présents en dessous), ce qui favorise la décomposition de la tourbe en conditions oxiques par la faune ou les micro-organismes aérobies, avec l'apparition d'horizons sapriques en surface (Hszo, Hsl ou Hsnoz). Les sols sont des HISTOSOLS FIBRIQUES possédant des formes d'humus de type HISTOFORMES avec tendance à l'assèchement en surface (Figure 3.4.13). Ces horizons histiques sapriques plus secs en surface peuvent être caractéristiques de cette sous-association, puisque celle-ci semble faire partie des sous-associations les moins hygrophiles du *Trollio-Cirsietum*. Cependant, on peut également supposer que la présence de ces horizons dégradés en surface proviennent d'un assèchement probablement causé par l'évapotranspiration augmentée induite par l'abandon de la pâture et de la fauche (HORTON, 1973). Cette variante montre déjà des signes de modifications au niveau des espèces depuis 1974, avec une augmentation de l'abondance d'espèces nitratophiles comme *Polygonum bistorta* et la diminution de celle de bas-marais comme *Carex nigra*. Ces horizons histiques sapriques en surface peuvent donc également être le signe précurseur d'une future détérioration de cette variante. Cependant, actuellement, puisqu'il n'y a aucun point zéro de comparaison qui nous permet de dire que cette forme d'humus était déjà présente dans le passé, il est impossible de trancher entre ces deux suppositions.

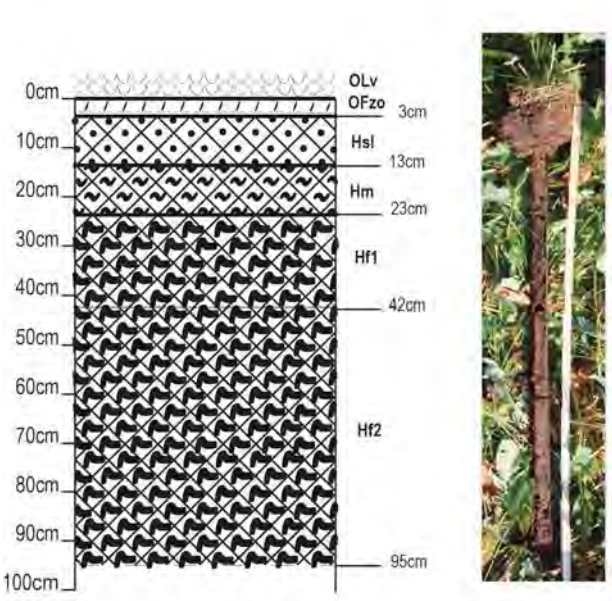


Figure 3.4.13 : Relevé/profil 493, avec la végétation (*Trollio-Cirsietum potentilletosum, *variante à* Viola palustris*), le sol (*HISTOSOL FIBRIQUE *à horizons saprique et mésique en surface) et la forme d'humus (*MÉSIHISTOMOR *avec tendance à l'assèchement en surface).

La sous-association du *Trollio-Cirsietum colchicetosum* (n=4), qui est composée d'une végétation la plus méso-voire xérophile et la plus basophile de tout le *Trollio-Cirsietum*, est présente au Sentier, en bas de pente dans les prairies fauchées entre les prairies de fauche de l'*Arrhenatherion* ou du *Cynosurion* et les prairies humides du *Molinion* ou les bas-marais (Figure 3.4.14). Ce type de végétation joue en quelque sorte un rôle de zone tampon

en protégeant les autres milieux oligotrophes des nutriments (GUYONNEAU & MADY, 2007). Cette sous-association et variante contient une grande quantité de graminées, ce qui explique son lien avec l'*Arrhenatherion* (comme *Cynosurus cristatus, Agrostis stolonifera, Alopecurus pratensis, Anthoxanthum odoratum, Festuca arundinacea* s.l.*, Festuca pratensis* s.str.*, Poa pratensis, Briza media* et *Phleum pratense* s.str.). Cette sous-association est caractérisée principalement par des sols hydromorphes à nappe temporaire et basiques (pH entre 6 et 7), assez drainants, riches en matière organique et possédant une surface qui a tendance à être plutôt sèche : les RÉDOXISOLS à HYDROFORMES à tendance TERROFORMES (Figure 3.4.14). Un RÉDOXISOL réductique possédant une nappe temporaire en surface et permanente en profondeur est également présent. Ces nappes subissent de très forts battements durant les saisons permettant à une végétation mésophile voire xérophile de s'installer. Les formes d'humus qui ont tendance à avoir une surface sèche semblent donc être ici caractéristiques de cette sous-association.

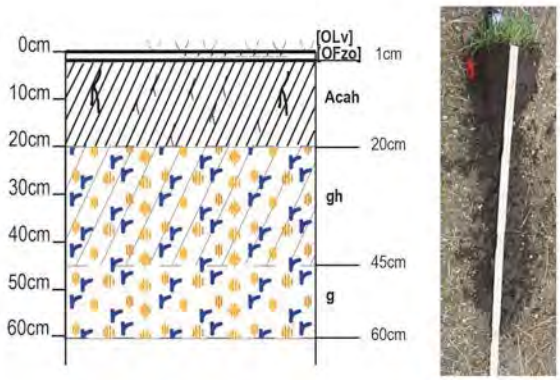


Figure 3.4.14 : Relevé/profil 1297, avec la végétation (*Trollio-Cirsietum colchicetosum*), le sol (RÉDOXISOL surrédoxique et décarbonaté en surface) et la forme d'humus (HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL).

Le Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpino-articulatus* (n=1) est présent à La Burtignière dans un pâturage piétiné et très humide, entre des saules (Figure 3.4.15). Il est caractérisé par deux espèces, *Glyceria plicata* et *Juncus alpino-articulatus.* L'eau de la nappe permanente du ruisseau basique tout proche affleure jusqu'à la surface du profil, dans les trous créés par le bétail, et influence grandement les végétaux. Le sol, basique (pH 6), est donc un RÉDUCTISOL TYPIQUE contenant des horizons à texture argileuse. Le piétinement du bétail ainsi que la texture argileuse du sol permet à l'eau de rester en surface, favorisant la présence de l'espèce *Glyceria plicata* (Figure 3.4.15). La forme d'humus de ce groupement végétal est une HYDROFORME à tendance TERROFORME, qui démontre que la surface du sol est variable en humidité, et que l'eau affleure uniquement dans les trous creusés par les vaches (Figure 3.4.15).

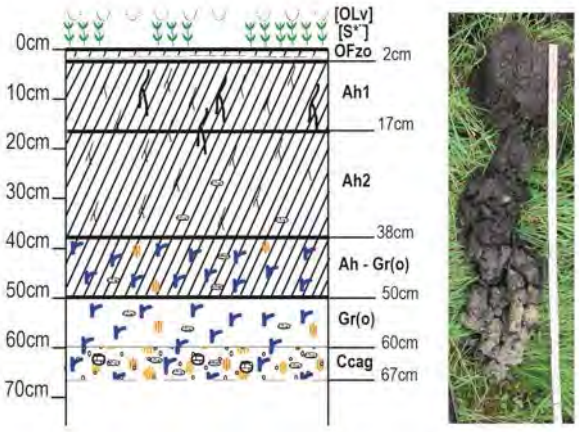


Figure 3.4.15 : Relevé/profil 1724, avec la végétation (Groupement à* Gylceria plicata *et Juncus alpinoarticulatus), le sol (RÉDUCTISOL TYPIQUE) et la forme d'humus (HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL).

Le Groupement à *Juncus inflexus* (n=2) est présent dans un pâturage piétiné en bas de pente au bord d'un muret, et peut jouer un rôle important comme zone tampon (Figure 3.4.16). Ce milieu très fragmenté, riche en nutriments, est assez variable en humidité, ce qui peut démontrer que ce milieu reçoit des apports d'eau calcique par ruissellement du pâturage, mais aussi par la nappe phréatique. On retrouve donc des sols presque sans traces d'hydromorphie et révélant des conditions plutôt sèches : un CALCISOL à TERROFORME dans la zone la plus sèche, et un RÉDUCTISOL TYPIQUE à HYDROFORME à tendance TERROFORME dans la zone plus humide (pH 6 ; Figure 3.4.16). Au niveau de la végétation, ce groupement est composé de touffes de *Juncus inflexus* qui forment des touffes réparties ici et là, ainsi que par d'autres espèces de pâturages et de prairies mésophiles (*Trifolium pratense* s.str.*, Alchemilla vulgaris* aggr., *Anthriscus sylvestris, Carex hirta, Cruciata laevipes, Lathyrus pratensis, Scirpus sylvaticus, Anthoxanthum odoratum,*

Cynosurus cristatus, Helictotrichon pubescens, Alopecurus pratensis, Poa trivialis s.str.*, Dactylis glomerata, Veronica chamaedrys* et *Veronica beccabunga*). Ces touffes sont notamment présentes dans les zones où l'humidité est la plus importante. Ainsi le CALCISOL a été trouvé dans la zone non couverte par *Juncus inflexus*, et le RÉDUCTISOL TYPIQUE dans les touffes de jonc. Cet aspect démontre bien la variabilité spatiale des sols. La présence de la forme d'humus HYDROFORME à tendance TERROFORME semble donc être caractéristique de ce groupement puisqu'il semble être caractérisé par des conditions assez sèches. Cependant, on peut aussi supposer que la présence de cette forme d'humus dans la zone plus humide peut représenter une tendance du relevé/profil à s'assécher saisonnièrement mais également dans le futur. En effet, ce milieu a tendance à contenir plus de graminées que par le passé en 1974.

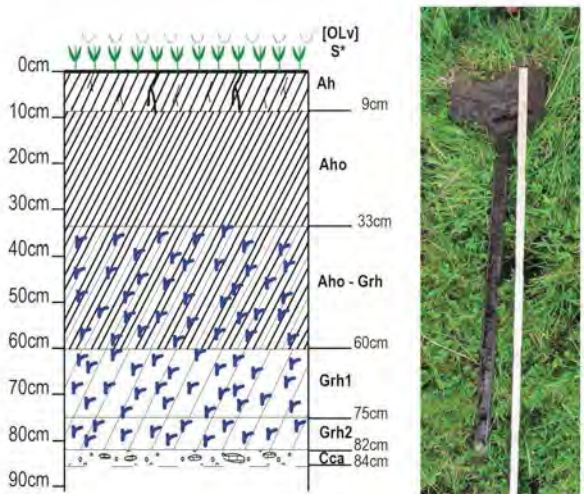


Figure 3.4.16 : Relevé/profil 488, avec la végétation (Groupement à* Juncus inflexus*), le sol (RÉDUCTISOL TYPIQUE) et la forme d'humus (HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL).

La sous-association pâturée du *Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae* variante à *Blysmus compressus* (n=3) est présente à La Burtignière et contient à nouveau des zones très piétinées par les vaches avec de nombreux trous de sabots remplis d'eau (Figure 3.4.17). Ce milieu pâturé peut provenir d'un bas-marais dégradé par la surpâture (GALLANDAT, 1982). Au niveau de la végétation, cette sous-association est composée en mosaïque d'importantes touffes de *Juncus effusus* et de *Cirsium palustre* non mangées par le bétail, ainsi que de trous sans végétation remplis d'eau. Elle contient également un bon nombre de graminées (comme *Festuca rubra* aggr.*, Agrostis stolonifera, Festuca pratensis* s.str.*, Deschampsia cespitosa, Anthoxanthum odoratum* et *Cynosurus cristatus*), ainsi que d'autres espèces de bas-marais et de joncs (comme *Juncus articulatus* et *Juncus inflexus*, ainsi que *Veronica chamaedrys* (une espèce de milieux piétinés). Cette zone est soumise à la nappe du ruisseau coulant en contrebas, ainsi qu'aux eaux de pluies, qui saturent selon les saisons l'ensemble des sols jusqu'à la surface. Ces conditions se traduisent par la présence de sols hydromorphes minéraux ou de sols organiques, très riches en matière organique en surface, d'où un pH de 5 pour les premiers horizons d'enracinement. Plus précisément, on trouve un sol minéral hydromorphe à nappe permanente et possédant de la tourbe en surface (RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique à HISTOFORME), un sol minéral hydromorphe possédant une nappe permanente ainsi qu'une nappe perchée (RÉDUCTISOL TYPIQUE rédoxique) ainsi qu'un sol tourbeux, HISTOSOL MÉSIQUE calcique (Figure 3.4.17). Le RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique à HISTOFORME se trouve dans les zones où l'eau de la nappe affleure jusqu'à la surface (trous). Dans ce cas-là, le piétinement du bétail ainsi que la texture argileuse des horizons permettent à l'eau de rester en surface ce qui favorise la formation de tourbe. Dans les autres zones moins piétinées et plus sèches, donc entre les trous de vaches, on retrouve un RÉDUCTISOL TYPIQUE rédoxique à HYDROFORME à tendance TERROFORME, ce qui démontre que la nappe du ruisseau sature le profil mais n'atteint pas la surface qui reste ainsi sèche. La présence de cette forme d'humus semble donc être caractéristique de cette sous-association, puisqu'elle semble être caractérisée par des conditions sèches entre les trous de vache. Cependant, on peut également supposer que la présence de cette forme d'humus dans la zone plus humide représente également une tendance du relevé/profil à s'assécher saisonnièrement ou est un signe d'assèchement qui continuera dans le futur. On ne peut pas le savoir actuellement : seule une future étude aux mêmes endroits permettra de distinguer ces deux suppositions.

L'HISTOSOL MÉSIQUE calcique symbolise quant à lui une saturation par l'eau ainsi qu'une haute teneur en matière organique plutôt conservée (GOBAT *et al.*, 2010 ; Figure 3.4.17). Cependant, il contient un horizon de surface organo-minéral à EUHISTOANMOOR, démontrant que la surface de ce sol varie en humidité, notamment avec la présence ou non des vaches (Figure 3.4.17). En effet, en l'absence du bétail, le sol n'est pas piétiné et peut s'assécher un peu notamment durant l'été lorsque l'évapotranspiration de l'eau est grande. Cet assèchement permet ensuite la dégradation de la matière organique, et donc, avec l'apport de minéral par le bétail, la formation d'un horizon organo-minéral à anmoor. Avec les pluies et le retour des vaches, cet horizon redevient collant et très humide.

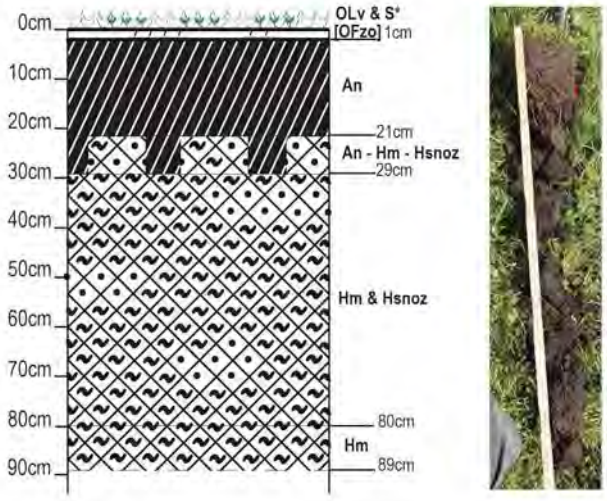


Figure 3.4.17 : Relevé/profil 1571, avec la végétation (*Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*), le sol (*HISTOSOL MÉSIQUE calcique*) et la forme d'humus (*EUHISTOANMOOR*).

Conformément à la littérature existante (GALLANDAT, 1982 ; CHARLIER, 1996 ; DELARZE & GONSETH, 2008), l'alliance du ***Calthion*** dans les sites étudiés regroupe des prairies ainsi que des pâturages humides à engorgement variable, et est composée d'une végétation de petite taille nitratophile. Comme exposé par EGLOFF (1994), l'étude des sols a confirmé la présence de cette alliance sur des sols minéraux ou tourbeux à engorgements variables.

L'étude des formes d'humus et des sols a permis de mettre en évidence un aspect intéressant concernant cette alliance dans les sites étudiés : celle de l'importance du bétail sur l'intensité de l'engorgement, et donc sur le déterminisme et la répartition en mosaïque de la végétation et des sols/formes d'humus. Ceci met donc en avant le fait que la pâture, quand elle est bien gérée, est nécessaire pour la conservation et la répartition des milieux dans les sites étudiés et leur fonctionnement. L'étude combinée des trois compartiments de l'écosystème a permis de mettre en évidence que cette alliance et notamment les milieux pâturés sont complètement dépendants fonctionnellement et morphologiquement des vaches et de la pâture.

L'**association *Trollio-Cirsietum*** est connue en Suisse pour être typique de prairies humides de fauche situées en bordure de bas-marais entourant les hauts-marais (sous-association *potentilletosum*) ou d'autres prairies plus sèches (sous-association *colchicetosum*) reposant sur des sols tourbeux ou minéraux (GALLANDAT, 1982 ; CHARLIER, 1996). Cette étude a permis d'en apporter une preuve supplémentaire.
L'**association *Cirsio-Juncetum*** est connue en Suisse pour être typique de pâturages reposant sur des sols minéraux très riches en matière organique (GALLANDAT, 1982 ; CHARLIER, 1996), ce qui a été confirmé ici par cette étude. Cette étude, a par ailleurs permis de détecter des zones plus humides dans les pâturages reposant sur des sols tourbeux, conditions créées grâce aux vaches.
Le **Groupement à *Juncus inflexus*,** est décrit par GALLANDAT (1982) comme étant un milieu fragmenté, pâturé et riche en nutriments. Grâce à cette étude, on peut ajouter que ce milieu est constitué d'une mosaïque de conditions écologiques et donc de sols/formes d'humus et d'espèces végétales différentes sur seulement quelques centimètres d'écart, des conditions à nouveau favorisées par la présence de vaches.
Le **Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpinoarticulatus***, également décrit par GALLANDAT (1982), regroupe les pâturages sur sol minéral pouvant être périodiquement saturé en eau jusqu'à la surface (< six mois/an).

Concernant l'état de conservation, les formes d'humus sèches en surface détectées peuvent indiquer plusieurs choses, parmi lesquelles il est impossible de trancher à l'heure actuelle, puisqu'il n'y a aucun moyen de savoir si ces formes d'humus existaient déjà par le passé et avec quelle végétation. Seule une étude future effectuée dans les mêmes endroits permettra de trancher :

(1) elles peuvent démontrer que cette alliance a la capacité de se développer également dans des conditions plutôt sèches en surface (conditions écologiques actuelles) ;

(2) elles peuvent indiquer un début d'assèchement lié aux activités humaines (déprise agricole et existence de drains fonctionnels sur les sites du Sentier et de la Burtignière) qui continuera peut-être dans le futur, ce qui pourra à long terme avoir des conséquences sur les milieux concernés. Ceci semble être possible dans quelques endroits en bordure des bas-marais de la sous-association *potentilletosum* du *Trollio-Cirsietum* qui est caractérisée par des formes d'humus tourbeuses mais dégradées en surface.

Mégaphorbiaies humides (*Filipendulion*)

Le *Filipendulion,* composé de milieux de type mégaphorbiaie humide, possède, tout comme l'alliance du *Calthion,* une diversité assez importante de sols et de formes d'humus, allant des sols plus secs de type CALCOSOLS à TERROFORMES aux sols plus humides comme les RÉDUCTISOLS TYPIQUES ou RÉDOXISOLS. Des sols tourbeux de type histosols à HISTOFORMES ainsi que des sols superposés avec formes d'humus superposées sont également trouvés. La présence de chacun de ces types dépend de sa situation dans le paysage.

L'*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae* (n=8) est la plus nitratophile de l'association de l'*Aconito-Filipenduletum,* et également une des plus pauvre en espèces. La variante typique est composée de grands touradons de *Carex paniculata*, et contient d'autres espèces comme *Filipendula ulmaria, Caltha palustris, Cirsium rivulare* et *Aconitum neomontanum* (Figure 3.4.18). Cette variante colonise les bordures des ruisseaux riches en nutriments. Ceux-ci collectent les eaux provenant des pâturages aux alentours et les amènent à travers le complexe de bas- et de hauts-marais de La Burtignière jusqu'à l'Orbe (Figure 3.4.18). La présence de cette variante est primordiale dans cette zone car elle joue le rôle de milieu tampon, en protégeant la tourbière de La Burtignière des eaux riches en nutriments. On la trouve sur des sols minéraux riches en matière organique à nappe temporaire pouvant présenter une surface ayant tendance à s'assécher (RÉDOXISOL à EUHISTOANMOOR ou à HYDROFORME à tendance TERROFORME) ou à nappe temporaire en surface et permanente en profondeur (RÉDOXISOL réductique à EUHISTOANMOOR). Ces sols (pH entre 5 et 6) sont soumis à la nappe du ruisseau riche en nutriments, aux eaux pluviales et parfois à une nappe permanente provenant des profondeurs. Comme ces nappes fluctuent périodiquement, ces sols possèdent des formes d'humus à humidité variable selon la saison et riches en matière organique (Figure 3.4.18), ou des formes d'humus pouvant représenter un assèchement en surface comme les HYDROFORMES à tendance TERROFORMES, traduisant dans ce cas l'absence de nappe en surface en toute saison. Ce milieu est également présent sur de la tourbe (HISTOSOL MÉSIQUE rédoxique à HISTOFORME) dans une zone plus humide en bordure de l'Orbe et d'un ruisseau. Ce sol contient en profondeur un horizon g très argileux qui permet à l'eau de la nappe permanente de l'Orbe, additionnée à la nappe temporaire venant du ruisseau et des pluies, de rester et de saturer les horizons supérieurs, formant une nappe perchée. Cette sous-association est par ailleurs très riche en *Carex elata*, une espèce indicatrice d'humidité.

La variante à *Phragmites australis* ressemble à une pseudo-roselière, et est présente à Chapelle-des-Bois (en pente en amont d'un bas-marais et en aval d'un prairie fauchée et d'un lisière ; Figure 3.4.18) ainsi qu'au Sentier (en bordure du sentier et d'une prairie fauchée et amendée, et dans une zone possédant un ruisseau à proximité amenant les eaux du pâturages au lac de Joux). Elle contient des espèces indicatrices d'humidité relativement importante comme *Carex acutiformis* et *Carex elata* (Figure 3.4.19). Au Sentier, cette variante contient quelques autres espèces provenant des milieux aux alentours et notamment du *Molinion*, comme *Molinia caerulea et Succisa pratensis*. Cette variante est présente sur des sols minéraux également riches en matière organique à nappe temporaire (RÉDOXISOL à EUHISTOANMOOR ; Figure 3.4.19) ainsi que sur des sols à nappe temporaire en surface et permanente en profondeur (RÉDOXISOL réductique à EUHISTOANMOOR). Ces sols basiques (pH 6) sont donc soumis à une nappe phréatique et/ou une nappe perchée provenant des pluies ou du ruisseau, des nappes qui fluctuent selon les saisons et les fréquences des pluies. Ainsi, en été et lors de sécheresse, la surface de ces sols s'assèche, permettant à la faune aérobie de décomposer la matière organique. A l'inverse, lors de la fonte des neiges ou de fortes pluies, la surface de ces sols est saturée par l'eau provenant de ces nappes, bloquant l'activité biologique : la matière organique s'accumule dans l'horizon, formant un horizon à anmoor (Figure 3.4.19).

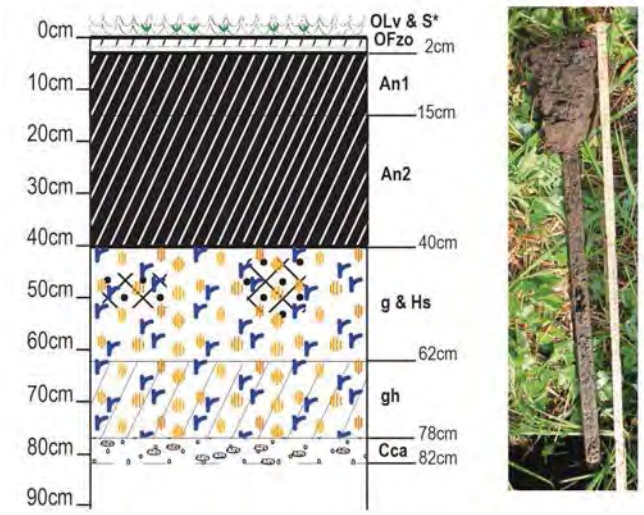


Figure 3.4.18 : Relevé/profil 571, avec la végétation (*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*, variante typique), le sol (RÉDOXISOL leptique) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR).

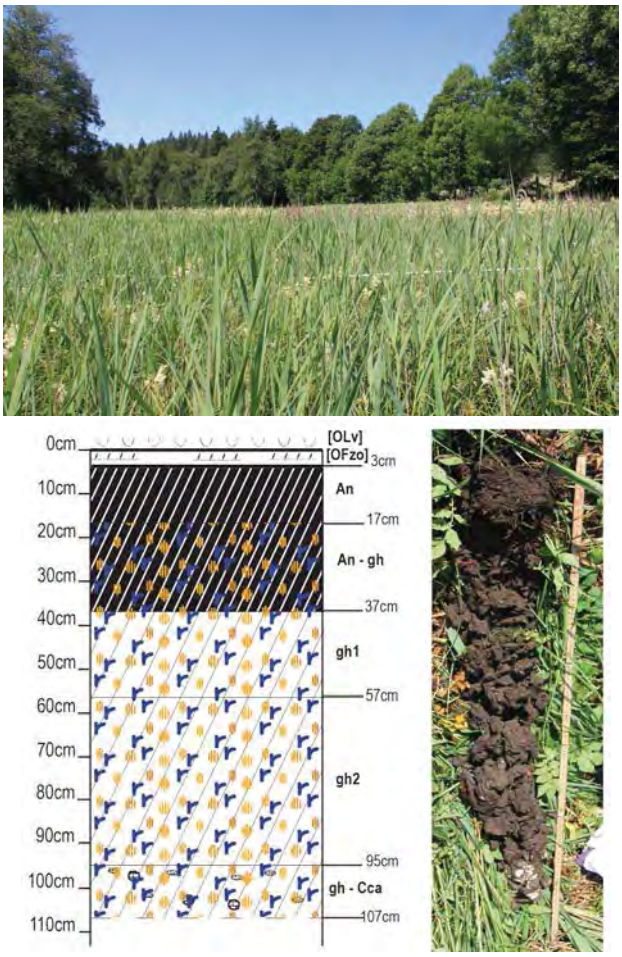


Figure 3.4.19 : Relevé/profil 804, avec la végétation (*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*, *variante à* Phragmites australis*), le sol (RÉDOXISOL surrédoxique) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR).

L'*Aconito-Filipenduletum typicum* (n=16) est présent à La Burtignière en bordure de bas-marais entourant les hauts-marais, et au bord de l'Orbe, ainsi qu'à Chapelle-des-Bois en pente également en bordure de tourbière. Ce milieu homogène et basique, présente une végétation d'une part haute et nitratophile, et d'autre part, dense et caractéristique de peu de lumière au sol. Par ailleurs, il ne contient que très peu d'espèces dont *Filipendula ulmaria, Carex acutiformis, Carex acuta, Aconitum neomontanum, Cirsium rivulare* et *Valeriana officinalis.*

La variante à *Calamagrostis canescens*, présente de façon abondante au bord de l'Orbe vers Praz-Rodet, plus précisément entre l'Orbe et les hauts-marais, contient une végétation dense et homogène qui limite la présence de lumière au sol et donc la présence de nombreuses espèces végétales, d'où sa faible biodiversité floristique (Figure 3.4.20). Elle est notamment composée de deux espèces végétales figurant sur la Liste Rouge, *Calamagrostis canescens* et *Hierochloe odorata* (MONTMOLLIN, 2000 ; MOSER *et al.*, 2002), mélangées à des espèces indicatrices d'une forte teneur du sol en humidité et en nutriments comme *Carex acuta* et *Phalaris arundinacea* (GALLANDAT, 1982). Elle est trouvée sur des sols tourbeux (HISTOSOL MÉSIQUE ; Figure 3.4.20) dont l'humidité de la surface varie selon les saisons (Figure 3.4.20). Dans ce cas-là, la tourbe a été recouverte de particules minérales provenant des crues de l'Orbe. Cette matière minérale, additionnée à la présence alternée de conditions plus sèches et plus humides selon les saisons, a permis la formation d'un horizon organo-minéral à anmoor (Figure 3.4.20). Elle est également présente sur des sols minéraux dont la surface devient plutôt sèche en été et riche en matière organique, à nappe temporaire et/ou à nappe permanente, avec les RÉDOXISOLS, les RÉDOXISOLS réductiques et les RÉDUCTISOLS TYPIQUES à EUHISTOANMOORS ou à HYDROFORMES à tendance TERROFORMES. Elle est également présente sur un RÉDUCTISOL STAGNIQUE leptique à EUHISTOANMOOR. Ce dernier sol, peu profond, contient un horizon organo-minéral à anmoor très épais et argileux, qui durant l'été devient sec et grumeleux, permettant à la matière organique qu'il contient d'être minéralisée. Le turnover de la matière organique est donc relativement efficace, avec les nutriments qui sont alors directement mis à disposition des plantes. Durant le printemps, la texture de cet horizon permet aux eaux de pluies de rester en surface.

Dans une zone à proximité d'un haut-marais, on trouve un sol superposé : un RÉDOXISOL superposé à un histosol, à HYDROFORME à tendance TERROFORME, superposée à une HISTOFORME. Dans ce cas-là, une couche minérale provenant vraisemblablement des crues de l'Orbe s'est déposée dans un lointain passé sur la tourbe existante, formant ainsi une couche imperméable. Actuellement, ce sol a tendance à être relativement sec en été et se réhumidifie lors de précipitations ou au printemps. Les sols de cette variante (pH entre 5 et 6) sont donc soumis à des nappes fluctuantes selon les saisons, qui peuvent être perchées (provenant des pluies) ou permanentes (provenant des profondeurs, de l'Orbe et des tourbières principalement). La variante à *Trollius europaeus,* un peu plus riche en espèces que la variante précédente, est présente à La Burtignière en bordure des bas-marais entourant les hauts-marais, et de l'Orbe, ainsi qu'à Chapelle-des-Bois dans une zone en pente en bordure de bas-marais entourant un haut-marais (Figure 3.4.21). Elle est dominée par une végétation dense qui limite également le développement d'une strate de végétaux plus petits, et est notamment caractérisée par des peuplements denses de *Trollius europaeus* ainsi que par *Galium mollugo* s.str.. Elle est également présente sur des sols hydromorphes minéraux à nappe temporaire de types RÉDOXISOLS à EUHISTOANMOORS, à nappe temporaire et permanente (RÉDOXISOLS réductiques à EUHISTOANMOORS ; Figure 3.4.21), à nappe permanente de l'Orbe en profondeur (RÉDUCTISOL TYPIQUE à HYDROFORME à tendance TERROFORME), ainsi que sur un sol intermédiaire, le RENDOSOL – RÉDOXISOL à HYDROFORME à tendance TERROFORME, présentant un aspect assez sec malgré la présence de quelques taches d'hydromorphie. Ces sols (pH entre 5 et 6) sont également soumis à des nappes qui fluctuent selon les saisons, des nappes qui peuvent être perchées (provenant des pluies) ou permanentes (provenant des profondeurs, de l'Orbe et des tourbières). Cependant, cette variante supporte des périodes plus sèches que la variante précédente (Figure 3.4.21).

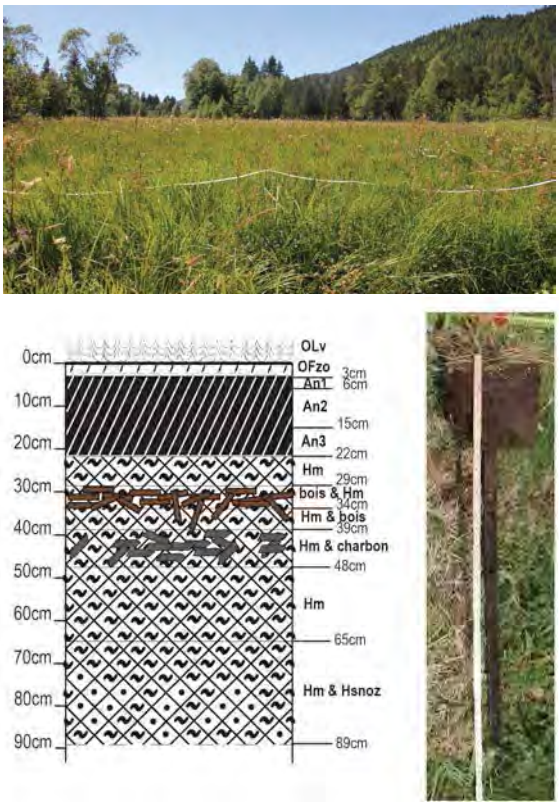


Figure 3.4.20 : Relevé/profil 526, avec la végétation (*Aconito-Filipenduletum typicum*, *variante à* Calamagrostis canescens*), le sol (HISTOSOL MÉSIQUE calcique et eutrophe) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR).

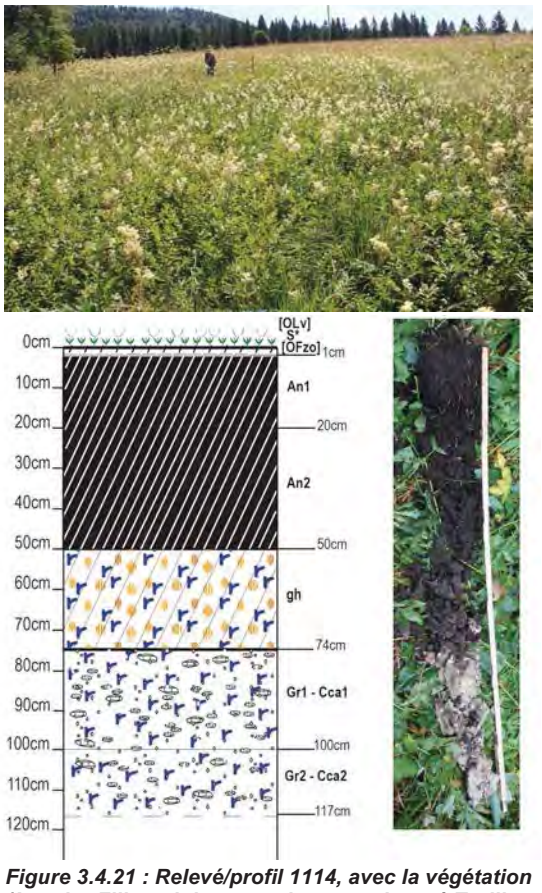


Figure 3.4.21 : Relevé/profil 1114, avec la végétation (*Aconito-Filipenduletum typicum*, *variante à* Trollius europaeus*), le sol (RÉDOXISOL réductique) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR).

L'*Aconito-Filipenduletum succisetosum* (n=10), présent uniquement à La Burtignière entre les pâturages, les tourbières et les bas-marais non-tourbeux, ainsi que dans des zones pâturées, est une des sous-association les plus riches en espèces végétales et une des plus pauvres en nutriments du *Filipendulion*. Ce milieu basique correspond notamment à une transition avec les bas-marais et les prairies du *Molinion,* ce qui explique, en plus de *Filipendula ulmaria* et d'autres hautes herbes présentes ici et là, la présence d'espèces de bas-marais (*Scheuchzerio-Caricetea fuscae)* et de prairies du *Molinion*, comme *Succisa pratensis, Festuca rubra* aggr. et *Potentilla erecta* (GALLANDAT, 1982).

La variante à *Swertia perennis* constitue notamment et de façon abondante la ceinture non exploitée des hauts- et bas-marais (Figure 3.4.22). Elle est trouvée sur des sols organiques humides en profondeur possédant un horizon réductique (HISTOSOL SAPRIQUE à horizon réductique, eutrophe, à HISTOFORME). Comme d'autres sous-associations de l'*Aconito-Filipenduletum,* ce type de végétation est également trouvé sur des sols à nappe temporaire et à fort battement de nappe, un RÉDOXISOL, qui possède un horizon organo-minéral à EUHISTOANMOOR en surface riche en matière organique et pouvant être plus ou moins sec en été (Figure 3.4.22). Par ailleurs, ce sol possède un horizon histique en dessus des horizons rédoxiques ainsi qu'en dessous de l'horizon organo-minéral à anmoor. Ceci indique qu'une période calme et humide a permis l'apparition de tourbe. Celle-ci, dans une période plus sèche et moins stable, s'est ensuite fait recouvrir par un apport minéral, qui, couplé à la dégradation de la matière organique fraîche en surface, a permis la formation d'un horizon à anmoor en dessus (Figure 3.4.22). De plus, dans une zone en bordure de bas-marais acidophiles entourant le haut-marais du Carre, on trouve un sol superposé, un RÉDUCTISOL TYPIQUE superposé à un histosol, à EUHISTOANMOOR superposé à une HISTOFORME. Dans ce cas-là, une couche minérale provenant vraisemblablement de résurgence d'eau de pluie depuis une doline s'est déposée sur la tourbe existante, formant ainsi une couche imperméable. Ce sol est relativement sec en été et se réhumidifie par l'eau de la nappe du haut-marais lors de précipitations ou au printemps. La végétation nitratophile qui s'y trouve apporte une quantité assez importante de matière organique qui se dégrade en été lors des conditions oxiques. Par ailleurs, dans tous ces sols à pH entre 5 et 5.5, il y a présence d'horizon histique ici et là dans les profils, ce qui traduit la présence de périodes humides très peu fluctuantes et très stables, permettant la formation de tourbe.

La variante à *Juncus inflexus*, un peu plus basophile (pH entre 5 et 6.5) et un peu plus riche en nutriments que la précédente, est caractéristique des zones parfois en pente, situées à proximité de ruisseaux et contenant des bas-marais basophiles pâturés (Figure 3.4.23). Elle est présente sur des sols secs de type CALCOSOL ou CALCISOL à TERROFORME, qui ont un bon turnover de la matière organique. Elle est également présente sur des sols minéraux hydromorphes de type RÉDUCTISOL STAGNIQUE à

EUHISTOANMOOR. Ce dernier sol contient un horizon organo-minéral à anmoor, argileux, posé sur un épais horizon réductique. Durant le printemps, la texture imperméable de ces deux horizons permet aux eaux de pluies de rester en surface. Cette variante est d'ailleurs abondante sur des sols à nappe temporaire (eaux de pluies et de ruissellement ici) et à fort battement selon les saisons, les RÉDOXISOLS à EUHISTOANMOORS (Figure 3.4.23). Dans tous les sols de cette variante, le turnover de la matière organique est relativement efficace. En effet, les nutriments provenant de la minéralisation de la matière organique sont mis efficacement à disposition des plantes, ce qui permet leur croissance et le fort développement d'espèces supportant des grandes quantités de nutriments.

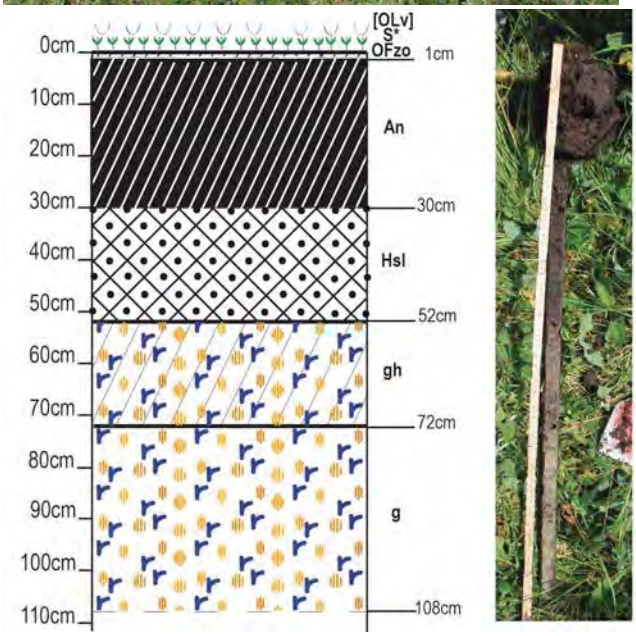


Figure 3.4.22 : Relevé/profil 1573, avec la végétation (*Aconito-Filipenduletum succisetosum*, *variante à* Swertia perennis*), le sol (RÉDOXISOL à horizon histique saprique en surface) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR).

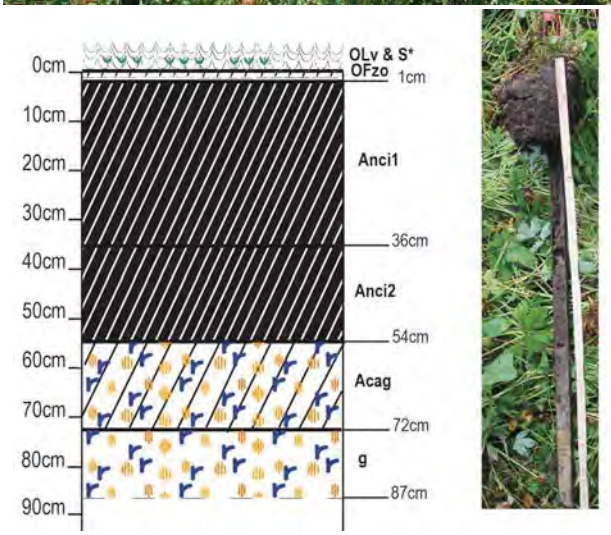


Figure 3.4.23 : Relevé/profil 1646, avec la végétation (*Aconito-Filipenduletum succisetosum*, *variante à* Juncus inflexus*), le sol (RÉDOXISOL décarbonaté en surface) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR).

L'Aconito-Filipenduletum polemonietosum (n=1) est présent à La Burtignière en bordure de l'Orbe (ancien méandre) et de pâturage (Figure 3.4.24). Ce milieu, riche en matière organique et en nutriments est majoritairement composé de *Filipendula ulmaria,* d'*Angelica sylvestris,* de *Caltha palustris,* de *Polygonum bistorta,* de *Valeriana officinalis* et de *Polemonium caeruleum*, une espèce assez rare (MOSER *et al.*, 2002 ; FERREZ, 2005). La présence de grands touradons de *Carex paniculata* et de *Carex elata* reflète le caractère nitratophile de cette sous-association. Des graminées y sont également et abondamment présentes, comme *Phleum pratense* s.str., *Festuca rubra* aggr. ou *Anthoxanthum odoratum*, montrant que cette sous-association et cette variante est un peu moins hygrophile que l'*Aconito-Filipenduletum typicum.* Au niveau du sol, cette sous-association est présente sur un sol organique calcique (pH 6), plutôt humide possédant en surface un horizon organo-minéral à anmoor décarbonaté et très épais (histosol à EUHISTOANMOOR ; Figure 3.4.24). La présence d'horizon Hsl (horizon saprique limique) contenant beaucoup de minéral en surface, confirme l'apport de particules minérales par le passé sur la tourbe existante (Figure 3.4.24). Ainsi, la minéralisation de la tourbe due à un léger assèchement à cet instant, additionnée à cet apport de minéral ainsi que les conditions variables d'humidité selon les saisons, a permis

la formation d'un horizon organo-minéral à anmoor en surface. Ce type de végétation est donc présent sur un sol humide pouvant subir des périodes de sécheresse temporaire. Malgré la présence d'ions Ca^{2+}, la minéralisation est efficace notamment en été, ceci car les ions ne sont probablement pas assez abondants pour bloquer toute la minéralisation secondaire (Figure 3.4.24).

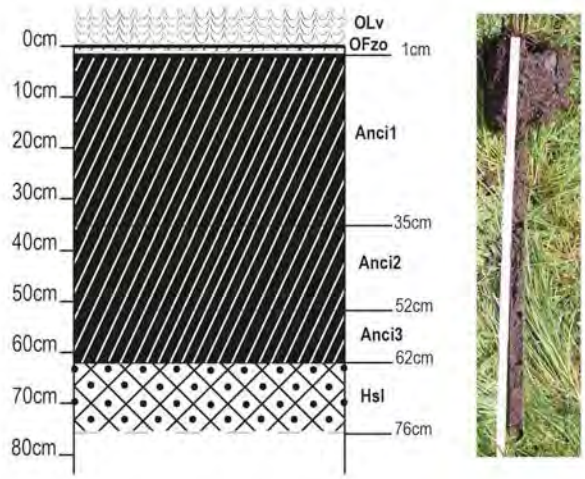


Figure 3.4.24 : Relevé/profil 1642, avec la végétation (*Aconito-Filipenduletum polemonietosum*), le sol (HISTOSOL SAPRIQUE calcique et eutrophe) et la forme d'humus (EUHISTOANMOOR).

L'*Aconito-Chaerophylletum* (n=4) est une association caractérisée par des conditions basiques et humides, et qui est présente dans une zone de tourbières et d'ourlets forestiers à la Combe des Mines sur le site de La Burtignière (Figure 3.4.25). En plus de *Chaerophyllum hirsutum* et d'*Aconitum neomontanum*, cette association contient de nombreuses espèces forestières (*Carex sylvatica, Scirpus sylvaticus* et *Equisetum sylvaticum*) ainsi que de hautes herbes à grand feuillage (*Filipendula ulmaria, Cirsium rivulare* et *Trollius europaeus*) qui cachent un tapis de plantes forestières plus petites (*Cardamine pratensis, Geranium sylvaticum* et *Primula elatior* s.str.). Ce type de végétation est soumis à des suintements forestiers ainsi qu'à la nappe de la tourbière. Ainsi, on retrouve uniquement des RÉDUCTISOLS TYPIQUES à nappe permanente, ainsi que des RÉDOXISOLS à nappe temporaire, à HYDROFORMES à tendance TERROFORMES (Figure 3.4.25). Les sols semblent donc avoir une surface plutôt sèche ainsi qu'une profondeur plus humide. Un sol superposé, un RÉDUCTISOL TYPIQUE superposé à un histosol, à EUHISTOANMOOR superposé à HISTOFORME, est présent sous ce milieu. La légère pente venant des falaises et allant vers la tourbière a permis l'apport de matériel minéral par colluvionnement et ruissellement sur la tourbe existante, provoquant la formation d'une couche minérale imperméable. La nappe permanente de la tourbière ne subit aucune fluctuation, saturant ainsi le sol, ainsi que la surface du sol. La saturation de la surface est augmentée encore lors des précipitations ou la fonte des neiges. Par contre, en été, la surface contient moins d'eau ce qui permet à l'horizon organo-minéral de s'assécher et à l'activité biologique de dégrader la matière organique qu'il contient.

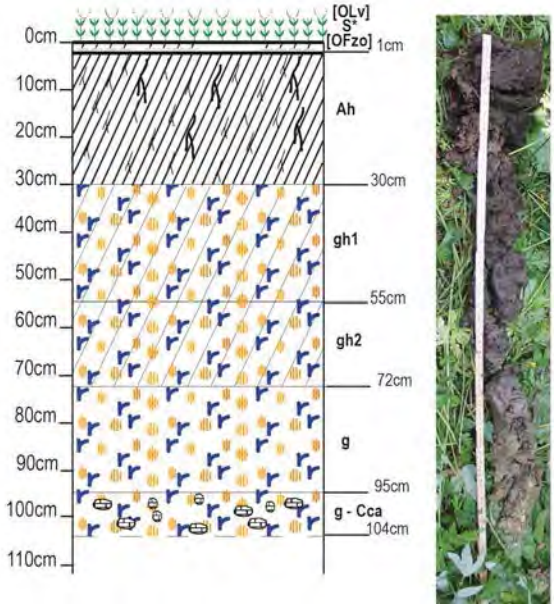


Figure 3.4.25 : Relevé/profil 1512, avec la végétation (*Aconito-Chaerophylletum*), le sol (RÉDOXISOL) et la forme d'humus (HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL).

L'alliance du ***Filipendulion*** dans les sites étudiés est, conformément à la littérature existante (GALLANDAT, 1982 ; CHARLIER, 1996 ; GUYONNEAU & MADY, 2007 ; DELARZE & GONSETH, 2008 ; FERREZ *et al.*, 2011), caractérisée par une végétation nitratophile et hygrophile. L'étude des sols et des formes d'humus a également mis en évidence que cette alliance est caractérisée par une grande diversité de conditions hydriques, allant de sols tourbeux à minéraux, à humidité variable ou à engorgement plus important. Comme l'indiquent les formes d'humus dans cette étude, ce milieu est riche en matière organique : la productivité y est grande, avec une intense activité biologique, ce qui concorde avec GOBAT (1984). Les conditions de sols sont peu différentes de celles qui existent dans le *Calthion*, mis à part la faible influence du bétail, et donc la plus faible présence d'horizons tourbeux. De manière générale, les sols de cette alliance sont humides, mais peuvent présenter de plus ou moins longues périodes de conditions oxiques et plus sèches, notamment dans l'*Aconito-Filipenduletum*.

L'**association *Aconito-Filipenduletum*** est connue en Suisse et en France pour être typique de prairies humides situées en bordure de rivières ou de ruisseaux, et reposant sur des sols tourbeux ou minéraux (GALLANDAT, 1982 ; CHARLIER, 1996 ; GUYONNEAU & MADY, 2007). Cette étude a permis d'en apporter une preuve supplémentaire.

- La sous-association *typicum* est caractérisée par des conditions riches en nutriments et repose sur des sols minéraux à engorgement variable selon les saisons (GALLANDAT, 1982 ; GUYONNEAU & MADY, 2007). Elle est typiquement présente en bordure de rivière, particulièrement dans les méandres tourbeux de l'Orbe
- La sous-association *polemonietosum* est caractéristique de marais atterris (GALLANDAT, 1982 ; GUYONNEAU & MADY, 2007) sur sol tourbeux.
- La sous-association *succisetosum* représente une transition entre les bas-marais et les prairies humides, sur sols minéraux ou tourbeux.
- La sous-association *caricetosum paniculatae* colonise les bords de ruisseaux riches en nutriments sur sols minéraux. C'est la sous-association la plus nitratophile de l'*Aconito-Filipenduletum typicum* (GALLANDAT, 1982 ; GUYONNEAU & MADY, 2007).

L'**association *Aconito-Chaerophylletum*** est connue en Suisse pour être présente typiquement dans des ourlets forestiers humides (GALLANDAT, 1982 ; CHARLIER, 1996). Les sols de cette association sont un peu plus saturés en eau que dans la précédente association.

Concernant l'état de conservation, l'étude combinée des trois compartiments de l'écosystème a permis de mettre en évidence que cette alliance est globalement stable dans les sites étudiés. La surface sèche du sol détectée par les formes d'humus semble être caractéristique de cette alliance. Par ailleurs, on ne peut pas exclure que la présence de ces surfaces sèches dans quelques endroits puisse représenter un début d'assèchement (lié aux activités humaines) qui continuera peut-être dans le futur. Seule une étude future effectuée dans les mêmes endroits permettra de trancher, mais il semble que ces formes d'humus sèches soient plus représentatives des conditions actuelles du milieu.
La présence de nombreux sols superposés détectés par les sols et les formes d'humus indiquent que, dans un lointain passé vu la profondeur d'apparition de ces horizons concernés, d'anciens milieux tourbeux ont subi des modifications et se sont transformés en *Filipendulion*.

Marais à grandes laîches (*Magnocaricion*)

Le *Magnocaricion* (n=3) contient très peu d'espèces et est dominé par des tapis purs de grandes laîches (*Carex rostrata* et *Carex acutiformis* ; Figure 3.4.26). Caractérisée par deux associations (*Caricetum acutiformis* et *Caricetum rostratae*), cette alliance est présente à La Burtignière en bordure de bas-marais et de pâturages, dans des zones principalement alimentées par des eaux de suintements riches en matière organique et en cations basiques (pH 6). La végétation que cette alliance contient est soumise à des nappes temporaires pouvant atteindre ou non la surface (respectivement des RÉDOXISOLS à EUHISTOANMOORS, et des RÉDOXISOLS à HYDROMULLS à tendance DYSTERROMULLS ; Figure 3.4.26). Elle est également soumise, en plus à une nappe temporaire d'origine pluviale n'atteignant pas la surface, et/ou aux nappes permanentes de la tourbière ou de l'Orbe situées à proximité (RÉDOXISOL réductique, à HYDROFORME à tendance TERROFORME). La surface de ces sols peut être plutôt sèche notamment en été, et, dans le cas des EUHISTOANMOORS, peut se ré-humidifer ensuite lors de la fonte des neiges ou de précipitations.
La présence de la forme d'humus HYDROFORMES à tendance TERROFORMES actuellement dans certains relevés/profils semble donc être nécessaire à ce milieu, notamment car elle permet la minéralisation de la matière organique et donc un apport en nutriments adéquat. Cependant, compte tenu de la littérature (DELARZE & GONSETH, 2008), ce milieu semble être caractérisé en temps normal par une humidité importante jusqu'en surface. Ainsi, il semble donc que la présence observée de ces formes d'humus possédant une surface plus sèche soit le résultat d'un assèchement synonyme d'un changement de dynamique de ce milieu, particulièrement vers un assèchement ou atterrissement. Seule une future étude réalisée aux mêmes endroits permettra de le vérifier ou non quelle supposition est la plus juste.

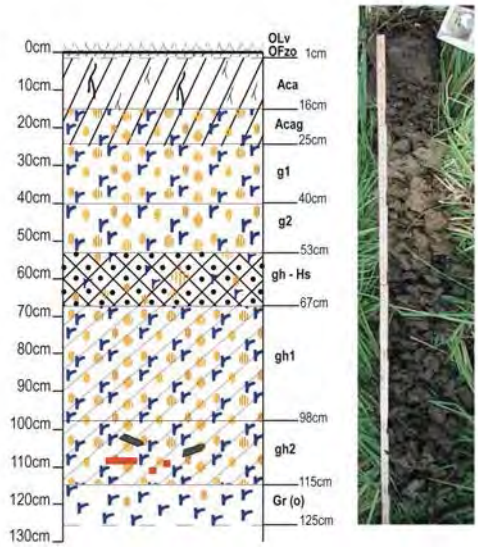


Figure 3.4.26 : Relevé/profil 1570, avec la végétation (*Magnocaricion*), le sol (RÉDOXISOL) et la forme d'humus (HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL).

L'alliance du ***Magnocaricion*** dans les sites étudiés est, conformément à la littérature existante (GALLANDAT, 1982 ; LEUTHOLD, 1996 ; DELARZE & GONSETH, 2008), un groupement d'atterrissement caractérisé par des sols humides minéraux pour la plupart, mais, comme détecté ici par l'étude des sols, également par des sols possédant des caractéristiques tourbeuses. Il se peut donc, comme GOBAT (1984) le précisait, que cette alliance soit issue de la colonisation d'un ancien plan d'eau ou ruisseau à très faible courant.

L'association du ***Caricetum rostratae*** est connue pour être caractérisée par des peuplements purs de *Carex rostrata,* une espèce typique de cuvettes récoltant l'eau provenant des tourbières (bas- et haut-marais) (ZIMMERLI, 1996). Ceci est confirmé par cette étude, qui a permis de détecter cette association en bordure de bas-marais entourant les hauts-marais, dans des stations humides à sols eutrophes.
L'association du ***Caricetum acutiformis****,* caractérisée par l'espèce nitratophile *Carex acutiformis*, est connue pour être localisée également dans des stations humides à sols eutrophes (LEUTHOLD, 1996). Ceci est confirmé par cette étude : cette association est présente à proximité de ruisseaux eutrophes amenant l'eau des pâturages à l'Orbe.

Concernant l'état de conservation, les formes d'humus sèches en surface détectées dans cette section peuvent indiquer plusieurs choses, parmi lesquelles il est impossible de trancher à l'heure actuelle :

(1) elles peuvent démontrer que cette alliance a la capacité de se développer également dans des conditions plutôt sèches en surface ;

(2) elles peuvent indiquer un début d'assèchement lié aux activités humaines (déprise agricole, mise à ban de milieux, drains existant et fonctionnels) qui continuera peut-être dans le futur, ce qui pourra à long terme avoir un effet sur les milieux.

Compte tenu de la littérature (BUTTLER, 1987 ; DELARZE & GONSETH, 2008), ce milieu semble être caractérisé en temps normal par une humidité importante en profondeur, mais une surface pouvant être assez sèche. Cela a en effet été montré à la Grande Cariçaie, sur la rive Sud du lac de Neuchâtel, avec des sols réductiques donc très humides en profondeur mais ayant une surface pouvant s'assécher en période estivale (avec la présence d'horizons à anmoor An ou humifère Ah). Ainsi, il semble donc que le point 1 soit le plus plausible. Cependant, seule une future étude réalisée aux mêmes endroits permettra de le vérifier ou non.

Ourlets nitrophiles humides (*Alliarion*)

L'*Alliarion* (n=2) est une alliance présente au Sentier dans une zone située à proximité du pâturage, en bas de pente et en bordure d'une saulaie et en contact avec une pseudo-roselière (Figure 3.4.27). La végétation qu'elle contient est soumise aux précipitations ainsi qu'au ruissellement provenant du pâturage. Le Groupement à *Galeopsis tetrahit* et graminées est caractérisé par une dominance de hautes dicotylédones avec *Galeopsis tetrahit, Urtica dioica, Galium aparine, Cirsium rivulare* et *Silene dioica*, ainsi que par des graminées telles que *Alopecurus pratensis, Dactylis glomerata, Festuca rubra* aggr.*, Poa pratensis, Agropyron repens, Festuca pratensis* s.str. et *Deschampsia cespitosa*. On y rencontre également quelques spécimens de *Cirsium oleraceum, Rumex acetosa* et de *Polygonum bistorta*, qui montrent le contact avec le *Calthion* tout proche. Ce milieu basique (pH 6) est donc caractérisé par une sécheresse saisonnière, notamment en été, ainsi que par un apport assez important en nutriments provenant du pâturage. Les horizons minéraux rédoxiques ayant une texture argileuse, une nappe temporaire perchée est présente notamment lors d'importantes précipitations, d'où la présence de cette végétation sous des RÉDOXISOLS possédant une forme d'humus caractéristique d'engorgement durant moins de six mois par an mais n'atteignant pas la surface, et plus précisément des RÉDOXISOLS décarbonatés en surface et issu de craie lacustre, à HYDROMULLS à tendance TERROMULLS (Figure 3.4.27). Par sa nature poreuse, la présence de craie lacustre accentue encore cet effet d'assèchement temporaire du sol (RECORDON, 1972). Il semble ici que cette forme d'humus témoigne de la stabilité de ce milieu, même si on ne peut pas exclure à l'heure actuelle un assèchement commencé et qui continuera dans le futur.

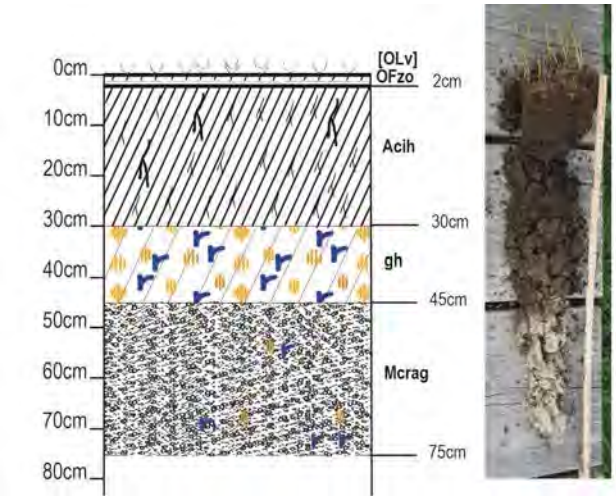


Figure 3.4.27 : Relevé/profil 1659, avec la végétation (Alliarion), le sol (RÉDOXISOL) et la forme d'humus (HYDROMULL à tendance TERROMULL).

L'alliance de l'***Alliarion*** (avec le Groupement à *Galeopsis tetrahit* et graminées) observée dans cette étude est, comme détecté ici par l'étude des sols et conformément à la littérature existante (GALLANDAT, 1982 ; LEUTHOLD, 1996 ; DELARZE & GONSETH, 2008), un groupement caractérisé par des sols humides ayant la capacité de s'assécher tout au long de l'année. C'est le milieu le plus sec de tous les milieux étudiés ici.

Concernant l'état de conservation, les horizons secs en surface détectés par les formes d'humus dans cette section semblent être, et conformément aux conditions écologiques de ce milieu et à la littérature existante, caractéristiques de ce type de végétation. Cependant, on ne peut pas exclure que ces formes d'humus indiquent un début de changement de dynamique de ce type de végétation, lié à un assèchement découlant des activités humaines (ici déprise agricole et existence de drains sur ce site du Sentier). Cette généralisation reste ici cependant délicate, puisque ce constat n'a été établi qu'avec deux relevés.

3.4.5 Points soulevés par cette étude

Importance du régime hydrique et de la chimie de l'eau sur le développement et la répartition des milieux

Comme un type de végétation peut être présent sur plusieurs sols et formes d'humus différents, cela signifie que le facteur déterminant pour l'établissement d'un type de végétation dans les marais étudiés n'est pas uniquement d'ordre édaphique. Il semblerait donc que la végétation des milieux humides soit plus influencée par le fonctionnement du sol et de la forme d'humus que par leur morphologie générale (LEUPI, 1994 ; GOBAT *et al.*, 2010).

Ainsi, dans le Jura, la végétation des milieux humides dépend des paramètres cités ci-dessous ainsi que de leur répartition ou position dans le paysage :

(A) du régime hydrique (ou intensité d'engorgement) existant dans le sol, comme cela a été démontré par plusieurs études effectuées dans des zones humides dans d'autres pays (DUNN & STEARNS, 1987 ; SEGAL *et al.*, 1987 ; SCOTT *et al.*, 1989 ; FLYNN *et al.*, 1999). Ceci concorde également avec l'étude de GAIFFE (1978), faite dans la région de Frasne-Bonnevaux, qui a démontré que le régime hydrique est le facteur différentiel de deux alliances de milieux humides (*Caricion davallianae* et *Molinion*). Dans les molinaies, les nappes s'abaissent rapidement au printemps pour atteindre un niveau bas et stable durant l'été. Ces conditions sèches sur une longue période permettent ainsi le développement de sols caractérisés par une incorporation efficace de matière organique. Par contre, dans les cariçaies, la présence d'horizons très riches en matière organique peu transformée à la surface des sols indiquent que les nappes sont plus fluctuantes (plus grande proportion durant toute l'année d'alternance de conditions oxiques et anoxiques), et ceci, même durant l'été. Comme GAIFFE (1978) l'indique également, la microtopographie permet à ces deux milieux, pourtant composés de régimes hydriques assez différents, de se côtoyer dans un paysage.
Sur les sites étudiés, l'intensité d'engorgement est certes prioritairement dû à la pluviosité élevée identique sur les trois sites étudiés, mais également à d'autres paramètres ou processus répartis spatialement en mosaïque dans le paysage. Parmi ces paramètres, on peut citer : (1) la présence de lacs, de rivières ou de nombreux ruisseaux et de complexes tourbeux (ou tourbières) ; (2) les très nombreux et différents types et perméabilités du sous-sol ; (3) les texture et structure des horizons ; (4) la géomorphologie ainsi que les processus associés comme l'alluvionnement, le colluvionnement ou le ruissellement ; (5) le bétail qui provoque entre autres un tassement des couches superficielles d'un sol, un tassement qui selon TOURNADE & BOUZILLÉ (1991) est un facteur important influençant l'engorgement d'un sol (cf. paragraphe 3.4.5, « Mosaïque détectée et importance du bétail »). Quelques-uns de ces paramètres sont par ailleurs connus pour influencer l'intensité de l'engorgement dans les milieux alluviaux, comme c'est le cas pour le substrat géologique et la géomorphologie (GERRARD, 1987, 1992 ; MCAULIFFE, 1994 ; BULLINGER-WEBER, 2007).

(B) Deuxièmement, ces écosystèmes dépendent également de la chimie de cette eau, notamment du taux de carbonates. Ceux-ci interagissent directement sur le pH du sol et de la forme d'humus, influençant ainsi le type de végétation. Celle-ci peut alors à son tour interagir de par la qualité de sa litière ou non sur le pH. Cette influence des roches calcaires et de leurs propriétés a par ailleurs déjà été démontrée dans le Jura, mais dans d'autres écosystèmes (BRUCKERT & GAIFFE, 1980, 1990 ; MICHALET, 1982 ; GAIFFE & BRUCKERT, 1985 ; MICHALET & BRUCKERT, 1986 ; GAIFFE, 1987 ; HAVLICEK, 1999).
Les carbonates sont très importants dans le déterminisme du type de végétation, notamment car ils influencent indirectement le taux de nutriments présents dans le sol et disponibles pour les plantes. En effet, dans des milieux saturés en eau, l'anoxie empêche la présence d'organismes biologiques décomposeurs et empêche donc la dégradation de la matière organique (humification et minéralisation secondaire). Dans ces cas, le taux de nutriments mis à disposition des plantes est donc moindre. Il en va de même dans des sols contenant des carbonates ou étant décarbonatés : la présence d'ions Ca^{2+} bloque ou ralentit la minéralisation secondaire de la matière organique, et donc diminue la quantité de nutriments disponibles pour les plantes (JABIOL *et al.*, 2007 ; GOBAT *et al.*, 2010). Les sols sont ainsi très riches en matière organique humifiée. Ceci confirme le fait que la plupart des sondages saturés en eau ou contenant des carbonates (ou décarbonatés) ont une végétation oligotrophile. Cependant, des profils étant également carbonatés ou décarbonatés contiennent parfois une végétation plus eutrophe, signifiant qu'à ces endroits, l'apport en nutriments provient d'autres sources (vent, bétail, ou fertilisation). A l'inverse, dans les milieux plus secs et sans carbonates, la dégradation de la matière organique est plus efficace. Le taux de nutriments relâchés est donc important, et la végétation y est normalement plus eutrophe. Cependant, comme dans le *Molinion* ou d'autres milieux secs sans carbonates et oligotrophes, ces nutriments sont probablement lixiviés et entraînés en profondeur par les pluies grâce à la forte porosité des sols, notamment les craies carbonatées, ce qui permet le maintien d'un faible taux de nutriments dans ces sols.
La présence de carbonates a également une influence directe sur le pH du sol et de la forme d'humus. Par l'apport de cations basiques, le pH tend a être plus élevé, et influence donc également le type de végétation (GOBAT *et al.*, 2010). Cette dernière, en retour par sa litière acidifiante ou non, influence également le pH du sol et de la forme d'humus. Il existe donc également un lien entre le pH des sols et des formes d'humus et la végétation présente en dessus, avec les notions de litière acidifiante ou améliorante qui dépendent de la composition de la plante en azote et en lignine (GOBAT *et al.*, 2010). La présence d'une végétation acidophile et acidifiante (par

exemple la végétation de tourbière avec des éricacées et des sphaignes), par un feedback positif entre la végétation et les sols (et les formes d'humus), permet le maintien d'un pH très bas dans les sols (pH 4 à 4.5), ce qui permet par la suite à des espèces acidotolérantes de croître sur ces sols. A l'inverse, si le pH du sol dans ce milieu acide vient à être plus élevé, notamment par l'apport de cations basiques, d'autres végétaux moins acidophiles pourraient s'établir. Ces végétaux moins acidophiles apporteraient ensuite une litière moins acidifiante au sol et à la forme d'humus, ce qui amènerait le pH du sol à augmenter davantage. Par cet apport de composants plus alcalins, successivement les formes d'humus et les sols perdraient de leur acidité, et la flore typique de ces milieux acides pourrait disparaître.

Mosaïque détectée et importance du bétail

Cette étude combinée des trois compartiments d'un écosystème a permis de détecter des aspects de mosaïque dans la répartition des milieux végétaux, et ceci à une échelle plus fine qui correspond plus particulièrement à la répartition des espèces sur quelques centimètres à l'intérieur d'un tapis végétal.
Cette mosaïque paysagère est totalement liée aux conditions écologiques citées auparavant ainsi qu'à leur répartition ou position dans le paysage. Cependant, comme cela l'a été remarqué grâce à cette étude, le bétail a aussi une influence importante sur la répartition des milieux, et plus précisément sur la répartition des espèces végétales (ADLER *et al.,* 2001 ; LOUCOUGARAY, 2003), ceci notamment par son rôle important dans la répartition des formes d'humus. Cette étude combinée des trois compartiments de l'écosystème met donc en évidence que certains milieux humides des sites étudiés, et notamment les zones humides pâturées, sont complètement dépendants fonctionnellement et morphologiquement par les vaches et la pâture.
Le bétail, par son passage répété, peut apporter des particules minérales et laisser des trous dans le sol et peut limiter la prolifération des ligneux (WYL *et al.*, 1992). Ainsi, il influence l'intensité d'engorgement ainsi que le tassement du sol (TOURNADE & BOUZILLÉ, 1991), et conditionne la répartition des espèces en un endroit donné. Les trous remplis d'eau sont des habitats humides saturés en eau, propices à la formation de tourbe (si l'eau est présente pendant plus de six mois par an) ainsi qu'au développement d'espèces végétales comme les joncs. A quelques centimètres de ces trous, les conditions sont moins saturantes en eau, et donc une végétation composée d'espèces indicatrices de conditions plus sèches y est trouvée. Cependant, en regardant l'ensemble des espèces avec une approche sigmatiste, le milieu est homogène et reste rattaché à une même alliance phytosociologique. Cet effet du bétail sur cette colonisation végétale dans ces trous a également été étudié et démontré dans les pâturages boisés des montagnes jurassiennes (KOHLER, 2004, 2006).

Il a donc des effets spatiaux sur la répartition des milieux, mais également sur le fonctionnement des formes d'humus de par le tassement des couches superficielles du sol. A noter également que le bétail a également un rôle important dans la limitation du développement des buissons et des arbres, ainsi que de la progression d'espèces pouvant diminuer la quantité de lumière arrivant au sol. Ceci permet par conséquent de maintenir les conditions humides ainsi que la diversité propre des milieux concernés. Ainsi, l'absence de bétail peut avoir de grandes conséquences sur les zones humides et leur fonctionnement : le sol en n'étant pas piétiné ou tassé peut s'assécher surtout durant l'été lorsque l'évapotranspiration de l'eau est grande. Cet assèchement permet ensuite la dégradation de la matière organique. Il est donc important de ne pas négliger l'influence positive que le pâturage a sur certains milieux humides pour garantir une diversité de milieux ainsi que leur fonctionnement. Bien sûr en ne négligeant pas le fait qu'une pâture intensive ou non contrôlée peut avoir des effets désastreux (WYL *et al.*, 1992 ; destruction d'espèces végétales dû au piétinement, fertilisation directe et augmentation du pH due aux excréments et à l'urine, etc.). Ainsi, un système de pâture extensif, contrôlé, avec un nombre de têtes de bétail adéquat et adapté au milieu concerné est important à considérer dans les mesures de gestion des milieux humides.

Etat de conservation des écosystèmes humides

L'étude combinée des trois acteurs a permis d'avoir un aperçu global du fonctionnement actuel d'un milieu (caractérisation du milieu), mais également d'avoir des informations supposées sur leur état de conservation (stabilité ou modifications visibles en cours) et les modifications passées.

Selon les critères utilisés et au vu de la littérature existante sur les conditions écologiques de chaque milieu, les résultats obtenus jusqu'ici peuvent laisser supposer que des zones ont changé par le passé, ou sont soit stables ou en changement actuellement.
Plus précisément, dans les sites étudiés, à l'heure actuelle, les formes d'humus ayant été caractérisées comme asséchées (des formes d'humus plus sèches ou possédant des horizons symbolisant un assèchement dans la partie superficielle du sol, notamment avec la présence d'un ou plusieurs horizons histiques sapriques plus décomposés et assez secs caractéristiques de conditions oxiques ; cf. section 3.3), peuvent soit représenter un état stable de la végétation, soit indiquer un changement en cours ou à venir dans la dynamique des milieux. Dans quelques cas, il semble que la présence de telles formes d'humus dans des milieux originellement très saturés en eau et particulièrement tourbeux, indique un changement de la dynamique du milieu dans le futur. En effet, dans certains cas, même si les formes d'humus indiquent un changement dans le passé, une projection dans le futur est tout de même possible. Par contre, dans des milieux déjà plus secs à la base, comme l'*Alliarion* ou le *Molinion*, il semble que ces formes d'humus indiquent une stabilité à l'heure actuelle. Cependant, dans la plupart des cas, on ne

peut pas exclure un changement de la dynamique dans le futur. Ces deux cas ne peuvent malheureusement pas être distingués de façon sûre dans cette première étude. Pour le faire, de nouvelles comparaisons de formes d'humus devront être effectuées dans plusieurs années aux mêmes emplacements pour confirmer ou non les liens avec la végétation ainsi que les changements de dynamique supposés (en cours ou non). En effet, seules de futures études permettront de trancher et/ou d'infirmer les résultats obtenus sur l'état de conservation et le fonctionnement du milieu et les changements détectés jusqu'ici, ainsi que les liens existant entre les formes d'humus et la végétation actuelle. Cette étude jouerait ainsi le rôle de point zéro pour une future étude dans ces marais.
Il est également important de garder en tête que cette étude fait partie des études pionnières dans les marais. Ainsi, même si des assèchements ou perturbations environnementales semblent avoir été détectés avec ces observations, on ne peut être sûr du moment où cela s'est produit, ceci car on n'a aucun moyen de le dater ni aucun point zéro à disposition sur lequel on pourrait se baser.

Ainsi, le fait de ne pas avoir de point de comparaison pour ces formes d'humus sur les sites d'étude est problématique pour la datation des modifications et pour la validation des observations et des suppositions faites. De plus, le fait que cette étude soit pionnière rend cette validation encore plus nécessaire. Cependant, d'après les observations faites, l'utilisation de la forme d'humus dans une telle étude semble prometteuse : elle semble permettre de détecter, comme supposé par plusieurs études effectuées dans d'autres milieux que les zones humides (Bernier & Ponge, 1994 ; Ponge, 2003 ; Pinto *et al.*, 2007 ; Egli *et al.*, 2009 ; Ponge *et al.*, 2011), des modifications et des déséquilibres dans quelques milieux comme une diminution de la saturation en eau en surface, mais également des situations en équilibre ou stables.

3.4.6 Conclusion

Cette section 3.4, qui avait pour objectif d'identifier et de mettre en relation la végétation des marais, leurs sols et leurs formes d'humus dans les sites étudiés du Haut-Jura, a permis de mettre en évidence que ces trois acteurs sont complètement interconnectées et interdépendants. Ainsi, même si un grand nombre de combinaisons de sols – végétation – formes d'humus ont été mises en évidence, cette étude a permis de démontrer que la végétation est plus influencée par les conditions écologiques régnant localement sur les sites (ici le taux d'humidité et le taux de carbonates présents dans le milieu), qui ensuite se répercutent sur le sol/forme d'humus, son fonctionnement et ses caractéristiques et donc sa morphologie générale (Leupi, 1994 ; Gobat *et al.*, 2010). Cependant, de manière générale, les bas-marais sont plus fréquemment trouvés sur des sols organiques alors que les prairies humides, moins saturées en eau, sont plus fréquentes sur des sols minéraux donc ayant la possibilité de s'assécher en fonction des saisons et des précipitations.

La survie et le maintien de ces biotopes et de leur biodiversité dépendent donc de la présence ainsi que de la chimie de l'eau (taux de carbonates, taux en nutriments). Une modification du régime hydrique même modérée comme cela a été supposé lors de changements de végétation évoqués dans cette étude par l'utilisation des formes d'humus pour quelques relevés/profils (notamment assèchement de la surface pour quelques milieux, dus aux activités humaine, comme la déprise agricole ainsi que la présence de drains fonctionnels) a de graves conséquences pour la végétation.

De plus, l'étude des formes d'humus dans une étude de relations sols-végétation a également permis ici de mettre en évidence un autre aspect intéressant : celle de l'importance du bétail sur l'intensité de l'engorgement, et donc sur le déterminisme et la répartition en mosaïque de la végétation et des sols/formes d'humus, et la limitation du développement d'espèces ligneuses ou autres menaçant l'intensité d'engorgement des milieux ainsi que l'apport de lumière arrivant au sol. Ceci met donc en avant le fait qu'une pâture bien gérée est nécessaire pour la conservation, la diversité et la répartition des milieux dans les sites étudiés et leur fonctionnement.

De plus, l'ajout des formes d'humus dans une telle étude, de par leurs liens privilégiés entre la végétation et le sol, semble permettre d'avoir une évaluation de l'état de conservation de nombreux écosystèmes et également de détecter ou non de nombreux changements de fonctionnement dans un écosystème. Ils sont donc des outils importants à utiliser dans la gestion de ces milieux humides, à développer et à prendre idéalement en compte dans n'importe quelle étude d'impact ou de gestion, ou même de relations sol-végétation, que cela soit en milieux humides ou non.

CHAPITRE 4

CHANGEMENTS DE VEGETATION – UTILISATION DES FORMES D'HUMUS DANS LA DETECTION DES CAUSES DE CES CHANGEMENTS (approche diachronique)

Ce chapitre comporte deux sections en anglais concernant les changements de végétation (section 4.1) ainsi que la détection des causes de ces modifications floristiques, en utilisant les valeurs indicatrices de Landolt (section 4.1) et les formes d'humus (section 4.2).

4 CHANGEMENTS DE VEGETATION – UTILISATION DES FORMES D'HUMUS DANS LA DETECTION DES CAUSES DE CES CHANGEMENTS

4.1 Recent changes in plant composition of Jura Mountains wetlands

4.1.1 Introduction

Eutrophication, acidification, drainage, habitat fragmentation, land-use and climate changes cause the degradation and even the disappearance of wetlands, and particularly fens in industrial regions (PAULI *et al.*, 2002; CHAPMAN *et al.*, 2003; VAN BELLE *et al.*, 2006). These deteriorations lead globally to a decline in species richness in these wet ecosystems, especially the extinction of some typical plants and animals (TER BRAAK & WIERTZ, 1994; GUYONNEAU, 2010). Consequently, these biotopes are among the most endangered ecosystems in many regions around the world (BERGAMINI & PAULI, 2001; PAULI *et al.*, 2002). In Switzerland, since 1800, more than 90% of the wetlands have disappeared and were transformed into agricultural and build areas (GRÜNIG, 1994). Nowadays, even if the majority of Swiss wetlands are protected by laws in order to prevent their destruction or modifications (RAUSCH, 1996), these environments are still threatened and suffer from a deterioration of their quality (GRÜNIG, 1994; PAULI *et al.*, 2002; KLAUS, 2007).

It is well known that eutrophication, drainage and climate change have a negative impact on the hydrological conditions of these ecosystems, and consequently on the quality of these wet environments. In return, these altered conditions affect the nutrient availability in soil (GROOTJANS *et al.*, 1988; WASSEN *et al.*, 1990; KOERSELMAN *et al.*, 1993). More precisely, warmer and dryer conditions increase the decomposition of organic matter, what releases supplementary nutriments. Consequently, this nutriment enrichment has repercussions on the vegetation of wetlands, particularly in nutrient-poor biotopes such as acidophilous and calcareous fens, reducing frequency and abundance of the typical vascular plants and bryophytes of these environments (TILMAN, 1993; WILLEMS *et al.*, 1993; MORECROFT *et al.*, 1994; GOUGH *et al.*, 2000; BERGAMINI & PAULI, 2001). Indeed, specialist plant species in these ecosystems are highly sensitive to altered hydrological conditions (FOJT & HARDING, 1995; BOLLENS *et al.*, 2001) following increase in nutrients (BERGAMINI & PAULI, 2001; PAULI *et al.*, 2002) or climate change (WELTZIN *et al.*, 2003). These changes lead consequently to a shift of the vegetation type.

A lot of studies have revealed vegetation changes in marshes and wet ecosystems in many European countries, such as in Switzerland (BERGAMINI & PAULI, 2001; BOLLENS *et al.*, 2001; PAULI *et al.*, 2002; KLAUS, 2007; GRAF *et al.*, 2010), in Holland (TER Braak & WIERTZ, 1994), in France (BAILLY *et al.*, 2007; GUYONNEAU, 2010), in Sweden (GUNNARSSON *et al.*, 2002), in Norway (NORDBAKKEN, 2001) and in Denmark (FOSAA *et al.*, 2010). These studies have demonstrated that there is a significant decrease of the quality of in many small-sedge fens, tall-sedge swamps and wet meadows (TER BRAAK & WIERTZ, 1994; BOLLENS *et al.*, 2001; NORDBAKKEN, 2001; GUNNARSSON *et al.*, 2002; PAULI *et al.*, 2002; BAILLY *et al.*, 2007; KLAUS, 2007; BERGAMINI *et al.*, 2009; FOSAA *et al.*, 2010; GRAF *et al.*, 2010; GUYONNEAU, 2010). Globally, the vegetation of small-sedge fens (*Caricion davallianae* and *Caricion fuscae*), reed swamps (*Phragmition australis*) and tall-sedge swamps (*Magnocaricion*) tend to shift into vegetation of wet meadows (mainly *Filipendulion, Calthion* and *Molinion*), which then tend to be transformed into mesophilous or xerophilous vegetation (BOLLENS *et al.*, 2001; KLAUS, 2007; BERGAMINI *et al.*, 2009; GRAF *et al.*, 2010). Additionally, a decline in typical plant species (specialist species), such as *Succisa pratensis*, and an increase of generalist species such as grasses and *Filipendula ulmaria* have been observed in many studies (TER BRAAK & WIERTZ, 1994; GUNNARSSON *et al.*, 2002; PAULI *et al.*, 2002; BERGAMINI *et al.*, 2009; GRAF *et al.*, 2010). Furthermore, these types of vegetation tend to be colonized by bushes and trees (NORDBAKKEN, 2001; GUNNARSSON *et al.*, 2002; KLAUS, 2007; FOSAA *et al.*, 2010; GUYONNEAU, 2010).

Most of the previous studies hypothesized that these transformations that occurred in mire or peaty communities could be caused by a modification of hydrological regime due to land-use and climate changes, corresponding to a decrease of humidity (BOLLENS *et al.*, 2001; GUNNARSSON *et al.*, 2002; PAULI *et al.*, 2002; BERGAMINI *et al.*, 2009; GRAF *et al.*, 2010), a loss of humus, an increase of nutrient supply in the soil (eutrophication), a loss of available light at the soil level (BOLLENS *et al.*, 2001; GUNNARSSON *et al.*, 2002; PAULI *et al.*, 2002; BERGAMINI *et al.*, 2009; GRAF *et al.*, 2010), and an acidification of the soil (TER BRAAK & WIERTZ, 1994; VAN HAESEBROECK *et al.*, 1997). It seems also that the increase of woody species in these biotopes is caused by eutrophication (GUNNARSSON *et al.*, 2002) or is simply a return of the wetland in its initial state before historical clearing. Indeed, many wetlands are secondary biotopes and are derived from clearing and partial drainages that happen before the XVII century (KÜTTEL, 1994b), in order to increase the farmable surfaces.

All of the studies cited previously deals with vegetation changes detection in peaty wetlands, but not in non-peaty wetlands. Additionally, they have explored floristic changes in large areas with high density plots but with rather far plots. No studies have done this in a restraint area. Furthermore, none of the vegetation changes studies have tried to detect vegetation changes in a particular and homogenous climate of closed basin. It could be interesting to study such conditions, because these situations of restraint area and closed basin are most probably present in some other medium mountains areas in Europe. This study in the Jura Mountains could therefore be an explanatory model for other regions.

In this section or study, the on-going vegetation changes over four decades in wetlands belonging to five vegetation types (level of phytosociological alliances) in the Swiss and French Jura Mountains are assessed (fens: *Caricion davallianae, Caricion fuscae;* wet meadows: *Calthion, Molinion* and *Filipendulion*). Moreover, this study deals with the detection of vegetation changes in regions of Jura Mountains climatically homogeneous and typical of a closed basin. Furthermore, as it is rare among the existing studies about floristic changes, the study region contained a high density of old vegetation plots in a restraint area and at the same elevation. In this purpose, recent (2012) and old (from 1974 to 1988, but in majority made between 1974 to 1977) floristic inventories are compared in order to answer the following questions: **Have fens and wet meadows vegetation changed in the last four decades?** As it was proved in many studies, vegetation in these wetlands is expected to have changed between both inventories, and mainly in oligotrophic ecosystems. **What are the most likely causes of these changes (site conditions)?** As expressed in many studies about floristic changes in wetlands, these ecosystems are expected to be richer in nutrients, dryer, with less available light at the ground level and more alkaline.

4.1.2 Material and methods

Study sites

The three study sites are located between 1000 m a.s.l. and 1040 m a.s.l. in the Jura Mountains: two are in Switzerland and the third one in France (Figure 4.1.1). In Switzerland, the wetlands are in Vallée de Joux, and are called La Burtignière (along the Orbe river and next to peat bogs) and Le Sentier (on the shore of the lac de Joux). In France, fens in Chapelle-des-Bois are studied, in a short valley, close and parallel to the Vallée de Joux. The three sites are separated only by about 14 km.
Sites in the Vallée de Joux are protected by laws since 1987 (RAUSCH, 1996), and are a part of many federal inventories. The majority of the wetlands of both sites are not farmed (mowing and grazing) since this protection. At contrary, the site of Chapelle-des-Bois is not protected and is still farmed by organical procedures. Furthermore, the Burtignière and Sentier sites contain drains that were digged in the past in order to increase the surface of farming areas.
At these elevations, the temperate climate of the Jura Mountains is characterized by important annual rainfalls (between 1500 mm and 1800 mm; BAILLY *et al.*, 2007), regularly distributed along the whole year, and by temperatures fluctuating between -2°C in January and 15°C in July (GALLANDAT, 1982; MÉTÉOSUISSE, 2014). Snow covers the ground approximately during four months. Moreover these regions are characterized by a typical mesoclimate of closed basin influenced by the surrounding lakes (lac de Joux, Switzerland; lacs de Bellefontaine et des Mortes, France), with very cold winters with low minima, with important fogs and mists and possible frosts throughout the whole year (BOUËT, 1957, 1985).
At geomorphological and geological points of view, the Vallée de Joux is a synclinal, whereas Chapelle-des-Bois is an anticlinal (BICHET & CAMPY, 2009). All these regions are composed of calcareous sedimentary rocks (AUBERT, 1987) The impermeability of the three sites, based on limestone is ensured by marls rocks or by local ice moraines (BICHET & CAMPY, 2009).

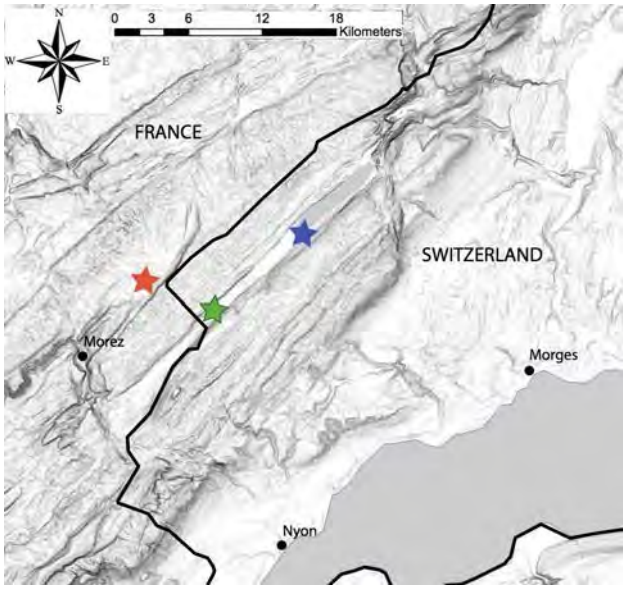


Figure 4.1.1: Study area with the three study sites (in red: Chapelle-des-Bois (France), 1108 m a.s.l., 46°34'31 N, 6°05'39 E; in blue: Le Sentier (CH), 1007 m a.s.l., 46°36'41 N, 6°14'53 E; in green: La Burtignière (CH), 1042 m a.s.l., 46°33'39 N, 6°10'15 E). Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).

Vegetation monitoring

Selection and relocalization of former relevés

GALLANDAT (1982) studied the wetland vegetation, with numerous exhaustive floristic relevés realized between 1974 and 1988. He classified these relevés in phytosociological associations (or lower units) according

to BRAUN-BLANQUET's method (BRAUN-BLANQUET, 1964). Additionally, he mapped vegetation in these three regions at the scale of 1:6'000. About 300 relevés could be relocalized on the basis of his schematic drawings in his field books, and of his phytosociological maps. Then among these 300 relevés, only those belonging to the five selected phytosociological alliances of fens (*Caricion davallianae*, *Caricion fuscae*) and wet meadows (*Molinion*, *Calthion* and *Filipendulion*), and having a surface higher or equal to 10 m^2 and complete information about the relevés (dates, covering and sketches to facilitate the relocalization) were retained. A random selection of 30 relevés in each phytosociological alliances was carried out, with the constraint that at least one relevé was present in each association, or lower unit. In this selection, the three sites were considered together. The position and accessibility of all these selected relevés were then firstly controlled by old and new orthophotos (1979 – 1980; 2008 – 2009) and secondly by direct visits on the field. Some relevés were abandoned because of their inaccessible location, and finally 110 relevés were retained (Table 4.1.1). See section 2.2 for more details.

Resurvey of the former relevés

All former relevés were revisited in summer 2012 and 2013. In the field, their exact location was reached with a Garmin GPS receiver, with an accuracy of 3 m. A new plot, with the same area as the original relevé, was defined with its bottom left corner corresponding to the target coordinates. All plant species were recorded, with nomenclature according to AESCHIMANN *et al.* (2005), and cover were estimated according to BRAUN-BLANQUET (1964; Table 4.1.2). Percentages of vegetation cover, bared grounds, rocks, mosses and visible water were also estimated in the whole plot. See section 2.3 for more details.

All relevés are presented in the Appendix A.5. The complete list of all plants recorded in these old and new relevés is presented in the Appendix C.1.

Statistical analyses

All analyses were done with the statistical software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, v. 3.0.2, 2013).

Data transformations

For each relevé, absolute cover classes were transformed into absolute mean cover (Table 4.1.2). Then, species cover was transformed into relative cover (total species cover in a relevé brought to 100%; GILLET, 2010). Finally, the Hellinger transformation (function *decostand* in R) was applied on these relative covers in order to reduce the range of cover values and to cope with the large proportion of 0 in the data set (FAZEKAS & LIESE, 1996; LEGENDRE & GALLAGHER, 2001; BORCARD *et al.*, 2011).

Table 4.1.2: Estimation of plant cover according to BRAUN-BLANQUET (1964), with the absolute mean cover according to GILLET (2010) used in analyses.

BRAUN-BLANQUET SCALE	ABSOLUTE PLANT COVER (%)	ABSOLUTE MEAN COVER (%)
r	1 or 2 individuals	0.01
+	>1	0.5
1	1-5	3
2	6-25	14
3	26-50	32
4	51-75	57
5	>75	90

Global vegetation changes

Species richness was compared between old and new relevés and tested with a Wilcoxon-Mann-Whitney pairwise test. Informations for all 220 relevés (110 pairs of old and new relevés) with species diversity values are presented in the Appendix C.2.

In order to detect global vegetation changes between the two inventories, a Redundancy Analysis (RDA; **vegan** library; BORCARD *et al.*, 2011) was performed with all new and former relevés. The explanatory variables were the session (qualitative binary variable, with 0 for old plots and 1 for new plots) and the year of the inventories. This RDA allows to detect the part of the explanatory variables that explain the observed variations in the vegetation, and thus concretely to demonstrate or not if the vegetation has changed in 40 years.

Attribution of phytosociological names

The alliances and associations names of each relevé (new and old) were found automatically thanks to Phytobase database (GILLET, 2010), using the same synsystem of GALLANDAT (GALLANDAT, 1982; Appendix A.2). All original relevés of GALLANDAT (1982) appearing in the database were used as references to calculate an average relevé for each syntaxon. Seven different similarity indices were then used to compare all relevés added in the database to these average relevés. Finally, mean of these indices was used to carry out the phytosociological diagnostic, i.e. the relevés were assigned to the syntaxon with which they had the strongest similarity (GILLET, 2010). The result obtained by Phytobase was then controlled by the use of phytosociological literature (OBERDORFER, 1957, 1983,

Table 4.1.1: Number of revisited relevés according to the five phytosociological alliances, globally and for each site.

ALLIANCES	NUMBER OF RELEVÉS	CHAPELLE-DES-BOIS	LE SENTIER	LA BURTIGNIÈRE
Molinion	**22**	17	5	-
Calthion	**22**	-	2	20
Filipendulion	**28**	2	3	23
Caricion davallianae	**22**	2	11	9
Caricion fuscae	**16**	-	-	16
TOTAL	**110**	**21**	**21**	**68**

1992, 1993; DELARZE & GONSETH, 2008; FERREZ *et al.*, 2011). The phytosociological names of the old relevés of GALLANDAT were attributed identically by using Phytobase and by GALLANDAT himself. The numbering of the relevés is based on the numbering given by (GALLANDAT, 1982). Phytobase uses the synsystem of Julve (JULVE, 1998). The attribution of each relevé to an alliance name coming from the synsystem of Gallandat was done using the diagnosis of elementary syntaxon given by Phytobase. See paragraph 2.3.3 for more details.

Vegetation changes by alliances

Species richness was compared at the alliance level between old and new plots and tested with a Wilcoxon-Mann-Whitney pairwise test. The five original alliance of GALLANDAT (1982) are used as basis of these comparisons.

Another RDA was performed in order to detect the vegetation changes in relation to alliances (**vegan** library; BORCARD *et al.*, 2011). In this purpose, the old and new relevés were constrained together by the session (qualitative binary variable, with 0 for old plots and 1 for new plots), the year of inventory and the vegetation alliance.

Indicators of vegetation changes

Mean ecological indicator values (LANDOLT *et al.*, 2010) were calculated for each relevé (new and old) in order to assess the ecological direction of the changes globally and for each of the five phytosociological alliances. These mean values are the result of a matrix product between the relative cover (cover of all species present in each relevé) and the indicator values for each species (cf. paragraph 2.3.4). Two indicators related to abiotic conditions (light (L) and temperature (T)) and four related to soil conditions (humidity (F), amount of humus (H), nutrient content (N) and pH (R)) were used. Similar to Ellenberg's indicator values (ELLENBERG *et al.*, 1991) but centred on the Alps, these values vary from 1 (low characteristics) to 5 (high characteristics). After testing the normality and the homogeneity of the variance, a pairwise Wilcoxon-Mann-Whitney-test was then applied on these mean values in order to compare both inventories globally and by alliances. The comparison at the alliance level was done according to the attribution of each plot in the previous paragraph (cf. paragraph 4.1.2 "Attribution of phytosociological names"). These ecological indicator values were also projected *a posteriori* on the previous RDA plot using the function *envfit* (**vegan** library) in order to facilitate the interpretation of the changes.

Typical or characteristic species from each alliance coming from literature (DELARZE *et al.*, 2008) are used to illustrate concretely the vegetation changes.

4.1.3 Results

Informations for all 220 relevés (110 pairs of old and new relevés) with mean Landolt indicator values are presented in the Appendix C.2. Graphical representations of differences of the Landolt indicator values between new and old relevés are presented in the Appendix C.3. Furthermore, a summary table with the vegetation for each of the 220 relevés is found in the Appendix C.4. The Appendix C.5 shows the details of the frequency's evolution of all present species for each alliance.

The species richness between the old and the new relevés decreased significantly (old relevés: 27.94 ± 1.20; new relevés: 23.96 ± 1.03; $p < 0.001$).

The RDA showed a significant general shift between old and new relevés (Figure 4.1.2; $p < 0.001$, 1000 permutations). Globally the vegetation is significantly different between the two inventories (Figure 4.1.2). Both explanatory variables were significant (session: $p = 0.003$; date: $p < 0.001$).

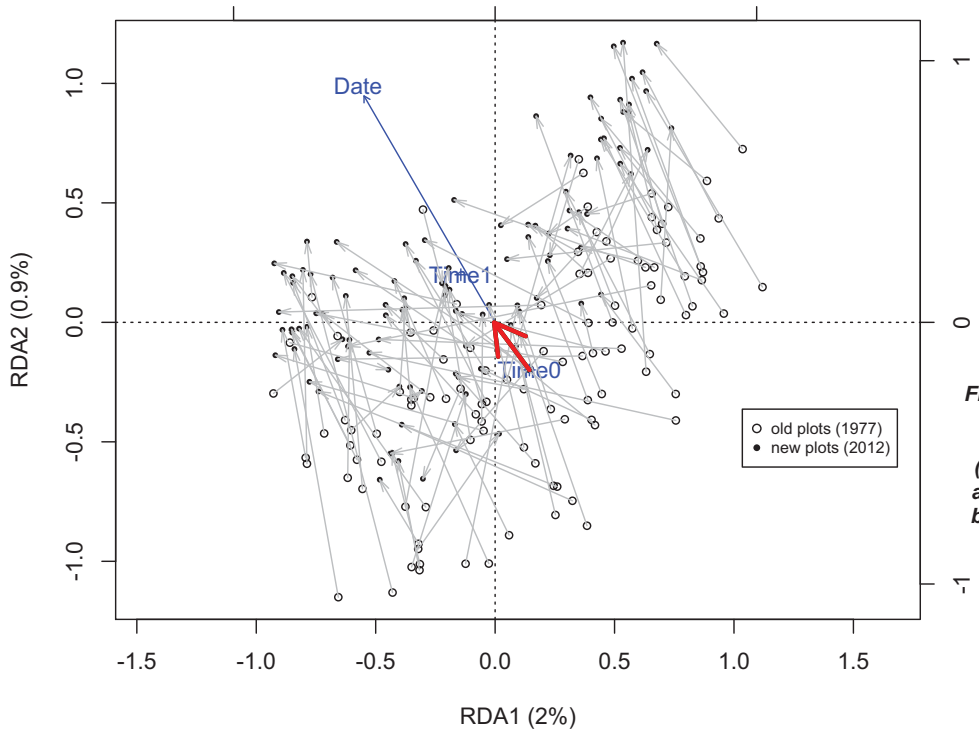


Figure 4.1.2: Redundancy Analysis (RDA) showing the general temporal shift of the relevés (scaling 2). Each pair of old plots and new plots are linked together by grey arrows. In red, mean shift arrow of all relevés.

The species richness by alliances between the old and the new relevés decreased significantly in the *Molinion* (original alliance, as it is the case for all following alliances appearing in the section) (old relevés: 44.18 ± 2.29; new relevés: 29.96 ± 1.71; p < 0.001) and in the *Filipendulion* (old relevés: 20.39 ± 1.33; new relevés: 16.54 ± 1.91; p = 0.006).

The RDA is significant (p < 0.001), meaning that the vegetation is significantly different between the two sessions of monitoring and by alliances (Figure 4.1.3). The three explanatory variables are significant (p < 0.001), and both axes are significant (p < 0.001). The first two axis of the RDA explained 18.54% of the total variance (RDA1: 13.18%; RDA2: 5.36%).

The arrows indicate that all of the five alliances have changed in 40 years (Figure 4.1.3). Some alliances, as the *Caricion fuscae* and the *Caricion davallianae,* were subjected to an important shift between inventories, whereas other alliances have only weakly shifted (Figure 4.1.3). In fact, 20% of the relevés did not belong to the same alliance than in the past (Table 4.1.3).

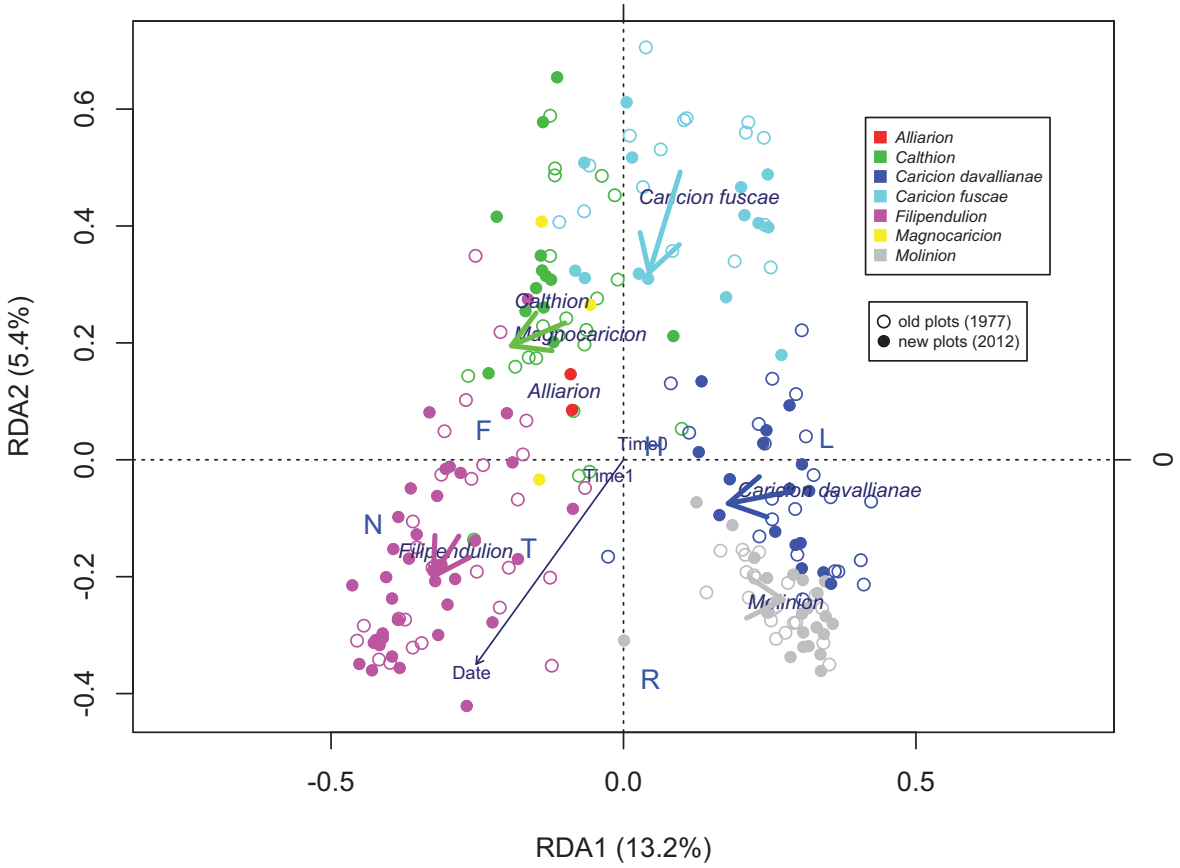


Figure 4.1.3: Redundancy Analysis (RDA) showing the temporal shift of each vegetation alliance (scaling 2). Arrows represent the mean shift of each alliance. Landolt indicator values are projected passively (a posteriori) by envfit function on the RDA by a correlation between mean values and the position of the relevés on the RDA, in order to help to the interpretation of the changes.

Table 4.1.3: Number of relevés (and proportions %) that present or not vegetation changes for each initial phytosociological alliance. A vegetation change is equivalent to a shift at the phytosociological alliance level.

ALLIANCES	VEGETATION		TOTAL
	CHANGES	NO CHANGE	
Molinion	1 (5%)	21 (95%)	**22**
Calthion	10 (45%)	12 (55%)	**22**
Filipendulion	2 (7%)	26 (93%)	**28**
Caricion davallianae	7 (32%)	15 (68%)	**22**
Caricion fuscae	2 (13%)	14 (87%)	**16**
TOTAL	**22 (20%)**	**88 (80%)**	**110**

The *Molinion* alliance is present in Chapelle-des-Bois and Sentier sites (Tables 4.1.1 and 4.1.4). Only one relevé of Chapelle-des-Bois left this alliance and became a basophilous fen (*Caricion davallianae*; Figure 4.1.4; Tables 4.1.3 and 4.1.4). Furthermore, the *Molinion* present in the Sentier gained two relevés that belonged to *Caricion davallianae* in the past (Figure 4.1.4; Table 4.1.4).

The *Filipendulion* present in the three sites (Tables 4.1.1 and 4.1.4) has also changed, with the transformation of two relevés in the Sentier to the *Alliarion* (Figure 4.1.4; Tables 4.1.3 and 4.1.4). In the Burtignière site, this alliance became more abundant: relevés belonging in the past to the *Caricion davallianae* (four relevés), to *Calthion* (seven relevés) or to *Caricion fuscae* (two relevés) became *Filipendulion* (Figure 4.1.4; Tables 4.1.3 and 4.1.4).

In the *Calthion* present in the Burtignière and Sentier sites (Tables 4.1.1 and 4.1.4), 12 relevés stayed in this alliance whereas 10 relevés in the Burtignière site became *Filipendulion* (seven relevés) or *Magnocaricion* (three relevés) (Figure 4.1.4; Tables 4.1.3 and 4.1.4).

The *Caricion davallianae* is present in the three sites (Tables 4.1.1 and 4.1.4). However, it was subjected to an important change: seven relevés left this alliance (Figure 4.1.4; Table 4.1.3). In the Burtignière, four relevés became *Filipendulion* (Figure 4.1.4; Table 4.1.4), whereas in the Sentier site, two relevés were transformed into the alliance of *Molinion* and one relevé into the alliance of the *Calthion* (Figure 4.1.4; Table 4.1.4).

The *Caricion fuscae*, present only in the Burtignière site (Tables 4.1.1 and 4.1.4), have lost two relevés that became *Filipendulion* (Figure 4.1.4; Tables 4.1.3 and 4.1.4).

Landolt indicator values (Table 4.1.5) showed that, altogether, the new relevés were significantly richer in nutrients (N, +0.206, $p < 0.001$), wetter (F, +0.100, $p = 0.002$), with less available light at the ground level (L, -0.056, $p = 0.011$) and contained a slightly more thermophilous flora (T, 0.040, $p = 0.046$). Humus content and soil pH did not change (Table 4.1.5).
There was no significant change of the ecological indicator values for plots originally attributed to the alliances of the *Filipendulion*, *Calthion* and *Caricion davallianae* (Table 4.1.5). At contrary, in plots originally belonging to *Molinion* (Table 4.1.5), the new relevés contained a more thermophilous flora (T, +0.079, $p = 0.011$), had less available light at the ground level (L, -0.115, $p = 0.013$), were wetter (F, +0.394, $p < 0.001$), and richer in humus content (H, +0.278, $p = 0.003$). In the second inventory, the *Caricion fuscae* (acidophilous small-sedge fens) was richer in nutrient (N, +0.439, $p = 0.009$) and their soils had a higher pH (R, +0.361, $p = 0.003$).

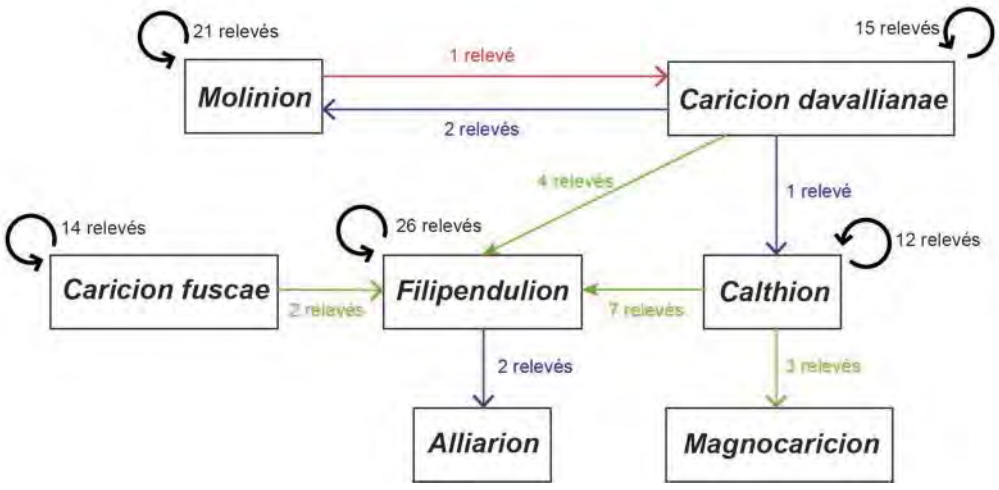


Figure 4.1.4: Shifts (flat arrows) and stability (circular arrows) of the different phytosociological alliances, with the number of relevés associated (in red, the shift concerns relevés in Chapelle-des-Bois; in blue, relevés in Le Sentier; in green, relevés in La Burtignière).

Table 4.1.4: Comparison of the number of relevés belonging to the alliances between 1974 and 2012 (globally and for the three sites separately).

Alliances	TOTAL		Chapelle-des-Bois		La Burtignière		Le Sentier	
	1974	2012	1974	2012	1974	2012	1974	2012
Molinion	**22**	**23**	17	16	-	-	5	7
Calthion	**22**	**13**	-	-	20	10	2	3
Filipendulion	**28**	**39**	2	2	23	36	3	1
Caricion davallianae	**22**	**16**	2	3	9	5	11	8
Caricion fuscae	**16**	**14**	-	-	16	14	-	-
Alliarion	**-**	**2**	-	-	-	-	-	2
Magnocaricion	**-**	**3**	-	-	-	3	-	-

Table 4.1.5: Changes of mean Landolt indicator values, globally and by alliances, between 1974 and 2012, analysed by pairwise Wilcoxon-Mann-Whitney tests: NS, non significant; *, <0.05; **, <0.01; ***, <0.001 (significant changes in bold). A positive value indicates an increase of the Landolt indicator values, a negative value indicates a decrease.

T = temperature; L = light; F = soil humidity; R = soil pH; N = nutrients in soil; H = amount of humus in soil.

PHYTOSOCIOLOGICAL ALLIANCES	T	L	F	R	N	H
GLOBAL	**0.040 ***	**-0.056 ***	**0.100 ****	0.042 NS	**0.206 *****	0.062 NS
Molinion	**0.079 ***	**-0.115 ***	**0.394 *****	-0.056 NS	0.089 NS	**0.278 ****
Calthion	0.008 NS	-0.057 NS	0.077 NS	-0.019 NS	0.160 NS	0.197 NS
Filipendulion	0.030 NS	-0.027 NS	-0.033 NS	-0.004 NS	0.179 NS	-0.118 NS
Caricion davallianae	0.084 NS	-0.015 NS	0.035 NS	0.017 NS	0.229 NS	-0.043 NS
Caricion fuscae	-0.014 NS	-0.080 NS	0.052 NS	**0.361 ****	**0.439 ****	0.037 NS

Globally, in the *Molinion*, thermophilous species (as *Medicago lupulina* and *Holcus lanatus*) and with less available light at the ground level (as *Trifolium medium*, *Galium uliginosum* and *Carex flacca*) colonized the plots or were more abundant. Some species indicating wet conditions (as *Carex davalliana*, *Carex nigra*, *Equisetum palustre*) were also more abundant as species of *Mesobromion*. Furthermore, this alliance was colonized by bushes and small trees, as *Betula pubescens* (Appendix C.5.1). In the alliance of the *Filipendulion*, some relevés showed the disappearance or the abundance's decrease of *Filipendulion* species (as *Filipendula ulmaria* and *Angelica sylvestris*) in favour of *Alliarion* species, forbs and graminoids (*Galeopsis tetrahit*, *Urtica dioica*, and *Agropyron caninum*). (Appendix C.5.3). In the alliance of the *Calthion,* typical species of this alliance disappeared or were less abundant (*Juncus effusus*, *Myosotis scorpioides* and *Geum rivale*) in favour of *Magnocaricion* species as *Carex rostrata*, or *Filipendulion* species (*Filipendula ulmaria* and *Valeriana officinalis*). (Appendix C.5.2). In the C*aricion davallianae*, typical species, as *Eriophorum latifolium, Swertia perennis, Primula farinosa* and *Pinguicula vulgaris* decreased in abundance or disappeared. In contrast, species of *Calthion* (*Polygonum bistorta*, *Cirsium rivulare* and *Cirsium palustre*), *Filipendulion* (*Filipendula ulmaria*, *Valeriana officinalis* and *Angelica sylvestris*) and/or *Molinion* (*Silene flos-cuculi* and *Sanguisorba officinalis*) were more frequent. (Appendix C.5.4). In the *Caricion fuscae*, nitrophilous and basophilous plant species colonized the plots or were more abundant (as *Aconitum napellus* aggr.*, Angelica sylvestris, Cirsium rivulare* and *Caltha palustris*) to the detriment of oligotrophilous plants (as *Eriophorum vaginatum, Carex echinata, Eriophorum angustifolium*) and acidophilous species (as *Calluna vulgaris* and *Viola palustris*). (Appendix C.5.5).

In addition to indicate a high proportion of nitrophilous species, the floristic lists showed a decline of typical species of each alliance (specialist species) in favour to an increase of species belonging to other alliances.

4.1.4 Discussion

Vegetation and species composition changes patterns

The study sites are still composed of beautiful and typical wetlands, as well as fens and wet meadows. However, as expected, this study proves that vegetation has changed between both inventories. More precisely, 20% of the relevés belong now to another alliance than originally attributed. These shifts concerned all considered phytosociological alliances but in different proportions. More precisely, fens tended to change into more nitrophilous wet meadows (mostly towards *Calthion* or *Filipendulion*). Wet meadows as *Filipendulion* and *Calthion* tended also to change into more nitrophilous vegetation (as *Alliarion*) or less diversified vegetation (as *Magnocaricion*). It is important to put in evidence that this proportion of 20% is dependent of the level of vegetation change used: here, this proportion could be under-estimated because it was based on a shift between alliances. Indeed, by observing the floristic lists, some other species composition could occur but without induce a change at the alliance level. This could for example be detected more precisely by a further analysis on the beta-diversity (detection of other shifts in the alliance, estimation of the intensity of these changes).

As already observed by BOLLENS *et al.* (2001), BERGAMINI *et al.* (2009) and GRAF *et al.* (2010), the nutrient availability in wetlands of the study sites increased globally between 1974 and 2012, which demonstrated that eutrophication is a serious threat in the studied wetlands. However, as expected, this increase of nutrient was particularly important in the oligotrophilous and acidophilous alliance *Caricion fuscae.* Indeed, this alliance was significantly affected by nutrient enrichment and by loss of acidity leading consequently to a shift towards more productive environment as *Filipendulion*, characterized by nitrophilous and basophilous species. This result confirms the fact that this environment is very sensitive to changes of site conditions (DELARZE & GONSETH, 2008). Furthermore, as GUNNARSSON *et al.* (2002), PAULI *et al.* (2002) and BERGAMINI *et al.* (2009), a reduction of light availability and an increase of thermophilous species were observed (thermophilous species: *Medicago lupulina* and

Holcus lanatus; lower light availability: *Trifolium medium*, *Galium uliginosum* and *Carex flacca*). This lowered light, particularly observed in this study in the *Molinion,* is often thought to be induced by land-use changes and particularly by mowing abandonment (DIEMER *et al.*, 2001). Thus, according to these authors, these land-use changes could be suspected to favour the proliferation of more productive and/or woody species observed here in this alliance.

On the other hand, current fens and wet meadows of the study sites were not affected by a loss of soil moisture, as observed by many authors (PAULI *et al.*, 2002; BERGAMINI *et al.*, 2009; GRAF *et al.*, 2010). Concerning the moisture, new relevés were globally wetter, particularly in the *Molinion*. This enhanced moisture could also be the result of a higher frequency of hygrophilous species present in this alliance coming from the vegetation shift observed from *Molinion* to *Caricion davallianae*. However, it could also indicate (1) that the particular mesoclimate of close basin with lakes prevailing in the study sites and the impermeable geology present under the wetlands, seem to ensure a sufficient water supply and saturation, and/or (2) that the study sites are rather well conserved and less damaged than in wet zones in other countries or Swiss regions. (3) As this increased Landolt indicator value of moisture for this alliance resulted, amongst others, from the shift of a *Molinion* relevé into a more hygrophilous alliance, this transition can reflect a false relocalization on the inventoried plots and causing thus a false significant result. All precautions were taken during the relocalization (cf. chapter 1) and this cause should not be minimized. (4) According to Météosuisse (http://www.meteosuisse.admin.ch), the monthly precipitation during summer from 1981 to 2012 has increased, having thus a consequence of this enhanced observed moisture.

The result of high proportion of nitrophilous species is consistent with many studies, which observed the same tendency in wetlands (KOTOWSKI *et al.*, 2001; PAULI *et al.*, 2002; GRAF *et al.*, 2010) or in other ecosystems as meadows in a same general climate (cf. the box below) or as alluvial forests (GALLANDAT *et al.*, 1993) This result highlights that the quality of these ecosystems is decreasing, with a homogenisation and a loss of typical species.

Possible causes of vegetation changes

The results indicate that the studied wetlands were and are still threatened by eutrophication. This nutrient increase is a current problem and has a huge impact on many ecosystems, as wetlands but also meadows (MORECROFT *et al.*, 1994; PHOENIX *et al.*, 2012; DIEKMANN *et al.*, 2014).

In opposition to many studies (KLAUS, 2007; GRAF *et al.*, 2010), current fens and wet meadows of the study sites were/are not affected by a loss of soil moisture, which suggests that the nutrient enrichment observed in these wet ecosystems is not induced by a drying up and consequently by an increase of organic matter mineralization by aerobic organisms (CLYMO, 1983; HOLDEN *et al.*, 2004). Similarly, the eutrophication observed here in this study cannot be attributed directly to agriculture, as the Swiss legislation and the organic farming forbid direct fertilization in these ecosystems. Hence, this nutrient enrichment can come from different sources.

1) Atmospheric nitrogen depositions are suspected for long to modify vegetation composition (PAULI *et al.*, 2002; BRAGAZZA *et al.*, 2004). They are considered as important drivers of many losses of ecosystems quantity, quality and biodiversity (PHOENIX *et al.*, 2012; OFEV, 2014), as in hay meadows (BOBBINK *et al.*, 2010), in mountains grasslands (MORECROFT *et al.*, 1994; MAUCHAMP, 2014; OFEV, 2014), and in wetlands as oligotrophic environments (MORRIS, 1991; AERTS *et al.*, 1992; BRAGAZZA *et al.*, 2004). For the study sites, the nitrogen atmospheric depositions come probably and especially from the agriculture, and, in this relatively cold area in winter, from heating systems. The exact quantity of nitrogen atmospheric depositions is not known, but could be estimated, as it is in swiss rural area, at around 15 – 20 kg N ha^{-1} $year^{-1}$ (OFEV, 2014). These values are thought to have an important influence on wetlands in the study sites, particulary because they are situated in the range of critical load of N suggested by many authors with or without experimental fertilization in wet zones of Europe (ombrotrophic bogs, poor fens and transition mires: from 1 to 20 kg N ha^{-1} $year^{-1}$ (AERTS *et al.*, 1992; BRAGAZZA *et al.*, 2004; BOBBINK & HETTELINGH, 2011); rich fen meadow, from 15 to 35 kg N ha^{-1} $year^{-1}$ (BOBBINK *et al.*, 2010; VAN DIJK *et al.*, 2012)). In addition, the accumulation year after year of these nitrogen deposits, as it was observed in forest and other ecosystems, is suggested to accentuate this eutrophication (THIMONIER *et al.*, 2005; BOBBINK *et al.*, 2010).

2) It can also come from nutrient flowings arising from the surroundings pastures (PAULI *et al.*, 2002). This is probably not the major cause in the study sites. However, we cannot exclude the fact that the buffer zones present in the sites are not sufficient enough to protect these wetlands.

3) It can come from land-use changes as mowing or pasturing abandonment (WYL *et al.*, 1997; VAN DIGGELEN *et al.*, 2006; WASSEN *et al.*, 2006) or agriculture intensification (EGLOFF, 1986; WYL *et al.*, 1992; GRABHER, 1998). It seems that in the study sites, the major fact is the land-use abandonment. Indeed, the most stable vegetation was observed in the undamaged site of Chapelle-des-Bois, still exploited by an organic farming, whereas the most changed vegetation was in the site of the Burtignière, were wetlands were largely banned to agriculture 25 years ago for conservation purposes. This confirms that controlled land-use may be important for the conservation of these wet ecosystems (VAN ANDEL & ARONSON, 2006). In case of non-evacuation of the litter by

mowing, the absence of nutrient exportation induces a higher aboveground production of biomass and consequently a reduction of light at the ground level (PAULI *et al.*, 2002; BERGAMINI *et al.*, 2009; GRAF *et al.*, 2010). This absence of biomass exportation participates, in addition to the nitrogen deposits and their accumulation year after year, to the eutrophication of the ecosystem.

The significant decrease of the plant diversity observed in this study in the wet meadows alliances of the *Molinion* and the *Filipendulion* is also consistent with these suggestions. Indeed, the decrease of their species richness can be due to the observed proliferation respectively of *Molinia caerulea* and *Filipendula ulmaria* in some plots coming probably from land-use abandonment, particularly in the Sentier's site (GUYONNEAU, 2010). This decrease of the species richness in wetlands and, as described by many authors, in hay meadows (TILMAN, 1993; BOBBINK *et al.*, 1998; GOUGH *et al.*, 2000; BÜHLER & ROTH, 2011), accentuated the floristic homogeneisation highlighted before with the decrease of typical species.
We should not forget that the vegetation changes were fixed to alliance shifts, which could be considered as a major change and is currently used in studies (BOLLENS *et al.*, 2001; GRAF *et al.*, 2010). However, if it was fixed to an inferior level, some other changes will have been detected. Indeed, in many cases, some floristic changes were also detected but without causing alliance shift; but maybe association shifts would have been detected. An example is the alliance of the *Molinion*, which is rather stable in the sites, whereas it presents many changes of floristic composition that are "detected" by the Landolt values.

4.1.5 Conclusion

The results suggest that the studied fens and wet meadows were and are currently threatened by eutrophication, tending to a homogenisation and a loss of typical species mostly in fens than wet meadows. Indeed, nutrient supplies coming from adjacent grasslands and from atmospheric nitrogen deposition modified vegetation composition, and especially when land-use changes, when grazing or mowing abandonment for conservation purposes, decreased nutrient exportation. As nitrogen deposition adds year after year supplementary nitrogen in ecosystems (THIMONIER *et al.*, 2005; BOBBINK *et al.*, 2010), this vegetation will probably change more in the future. Moisture loss did not seem to be a problem in the study sites with particular mesoclimate prevailing (climate of closed basin influenced by lakes, with fog, with important precipitations or snow, and with freezes). Thanks to the quite good and preserved impermeable subsoil in these sites, this water can stay in the soil and influence the vegetation. Moreover, the quite long distance separating wetlands from inhabited areas or villages has probably allowed the rather well conservation of these study wetlands compared to other regions or countries (i.e. less drainage, less peat exploitation). At contrary, the eutrophication, due to land-use changes and nitrogen deposition, is a real threat for the conservation of the characteristic species of these fragile ecosystems in the long-term, and even in other environments. Indeed, according to SALA (2000), it is proved that land-use and nitrogen deposition are among the five major threats of all natural ecosystems in the next decades.Thus, to maintain these valuable wet ecosystems, conservation measures should be based on nutrient supply, and especially on the local land-use parameters upon which can fortunately act in the study sites. Thus, in order to limit the influence of the eutrophication, larger buffer zones should be set up between the pastures and the wetlands to prevent supplementary nitrogen deposition. Furthermore, pasturing and/or mowing should be reintroduced especially in some zones of the Vallée de Joux sites (La Burtignière and Le Sentier), where exploitations were abandoned 25 years ago. Another measure could be for farmers to use other techniques of liquid manure storage and to control the flows coming from the manure pits.

Les résultats de cette étude dans les zones humides sont en accord avec les résultats obtenus par LESLIE MAUCHAMP en 2014 dans une étude diachronique entre 1990 et 2012 sur 150 relevés échantillonnés dans des écosystèmes prairiaux de Franche-Comté (MAUCHAMP, 2014). Ceci confirme le fait que l'eutrophisation est un problème actuel et présent dans tous les écosystèmes présents dans des zones habitées. En effet, comme cela a également été démontré par d'autres études, l'eutrophisation dans les systèmes prairiaux et humides pose des problèmes au niveau de la qualité et de la biodiversité de ces écosystèmes :

- **dans les prairies humides : AERTS *et al.*, 1992 ; TILMAN, 1993 ; GOUGH *et al.*, 2000 ; NORDBAKKEN, 2001 ; PAULI *et al.*, 2002 ; BRAGAZZA *et al.*, 2004 ; KLAUS, 2007 ; BERGAMINI *et al.*, 2009 ; FOSAA *et al.*, 2010 ; GRAF *et al.*, 2010 ; GUYONNEAU, 2010 ;**
- **dans d'autres prairies : MORECROFT *et al.*, 1994 ; FISCHER & STÖCKLIN, 1997 ; BOBBINK *et al.*, 2010 ; BÜHLER & ROTH, 2011 ; WESCHE *et al.*, 2012 ; ROTH *et al.*, 2013 ; DIEKMANN *et al.*, 2014).**

Dans les écosystèmes prairiaux, il semble que cette eutrophisation provienne de fertilisation directe par les agriculteurs ainsi que des dépôts atmosphériques azotés (MAUCHAMP, 2014). Dans les écosystèmes humides étudiés ici dans cette étude, comme la fertilisation directe est interdite par les lois ou par les directives de l'agriculture biologique pour le site de Chapelle-des-Bois, l'enrichissement en nutriments provient de plusieurs sources : des dépôts atmosphériques azotés, de ruissellement provenant des pâturages situés aux alentours et/ou de l'abandon ou du changement des procédés agricoles dans ces zones humides (arrêt de la fauche et de la pâture majoritairement).

4.2 Causes of vegetation changes: focus on humus forms

4.2.1 Introduction

Eutrophication, acidification, drainage, habitat fragmentation and climate change cause the degradation and even the disappearance of wetlands, particularly fens in industrial regions (PAULI *et al.*, 2002; CHAPMAN *et al.*, 2003; VAN BELLE *et al.*, 2006). These deteriorations lead globally to a decline in species richness in these wet ecosystems, especially the extinction of some typical plants and animals (TER BRAAK & WIERTZ, 1994; GUYONNEAU, 2010). Consequently, these biotopes are among the most endangered ecosystems in many regions around the world (BERGAMINI & PAULI, 2001; PAULI *et al.*, 2002). A lot of studies have revealed vegetation changes in marshes and wet ecosystems in many European countries, such as in Switzerland (BERGAMINI & PAULI, 2001; BOLLENS *et al.*, 2001; PAULI *et al.*, 2002; KLAUS, 2007; GRAF *et al.*, 2010), in Holland (TER BRAAK & WIERTZ, 1994), in France (BAILLY *et al.*, 2007; GUYONNEAU, 2010), in Sweden (GUNNARSSON *et al.*, 2002), in Norway (NORDBAKKEN, 2001) and in Denmark (FOSAA *et al.*, 2010). In spite of the fact that many studies demonstrated a modification of the vegetation of these wet ecosystems, it remains unclear what exactly are the different causes of these transformations. Many studies (e.g. GRAF *et al.*, 2010), have demonstrated vegetation changes and proposed hypotheses on the edaphic causes of these modifications by taking into account the indicator values of Landolt (LANDOLT *et al.*, 2010) of each plant species. In these studies, the edaphic causes of these changes were indirectly estimated by these Landolt indicator values but not by a concrete observation of the soils, which could or not confirm the causes highlighted by these Landolt values.

This pedological approach can be carried out on the whole solum (CORNALI, 1997) or only on the upper part of the soil, the humus-bearing episolum called humus forms (BERNIER *et al.*, 1993; BERNIER & PONGE, 1994). In fact, only these few studies in forest ecosystems tried to analyse and correlate these changes to humus forms to confirm these hypotheses, while these have a great potential as indicators of changes (PONGE, 2003). Indeed, humus forms are on the top of the soil, and are the seat of biological transformations (PONGE, 2003, 2013; ZANELLA *et al.*, 2011; JABIOL *et al.*, 2013).

Because of their position between the vegetation and the mineral part of the soil, humus forms have a huge potential as mid-term indicator of ecosystems characteristics, providing for example ecological information on functioning, like mineralization and decomposition rates. They could also be used to reveal modifications in environments (EGLI *et al.*, 2009; PONGE *et al.*, 2011). They are thus considered as indicators which could explain the recent changes and small-scale variations in the ecosystems (PONGE, 2003; BULLINGER-WEBER *et al.*, 2007) and in soils (BERNIER & PONGE, 1994; PINTO *et al.*, 2007), but could also give information and hints about past and potential future modifications (cf. section 3.4). The humus form is the soil's part that contains clues on the organic matter conservation's state. This latter can relate past history of the humus form and the dynamic of vegetation (PONGE, 2003). As said, some synchronic and chronosequence studies exist for example in forest environment, demonstrating that humus form changes are due to plant and soil modification (BERNIER *et al.*, 1993; BERNIER & PONGE, 1993, 1994; EMMER & SEVINK, 1994; TRAP *et al.*, 2011). However, up to now, no study has explored the potential of humus forms in a purpose of detecting causes of vegetation changes in the humid environments.

Do humus forms provide information about vegetation transformations and dynamics that occurred in the study sites and that were presented in the previous section (cf. section 4.1; RION *et al.*, in prep)? Do humus forms confirm the changing trends detected by Landolt indicator values in the section 4.1 (RION *et al.*, in prep)?

In this pioneer study or section, humus forms are used in order to assess the edaphic causes of vegetation changes in humid ecosystems. Firstly, the complete vegetation and available data set from GALLANDAT between 1974 and 1988 is used to do a diachronic approach. For this, phytosociological relevés were realized recently (2012) at the same location and with the same methods as GALLANDAT. Then, for the humus forms, there is no way to do a pure diachronically comparison. Indeed, no former humus forms and soils data are available, because GALLANDAT has not studied them. Only recent humus forms descriptions (2013) are available. From then on, as it was successfully done by the mentionned studies in forest ecosystems, it was decided to use a synchronic approach to assess the edaphic causes of vegetation changes or dynamics. Furthermore, in these previous studies, this use of synchronic approach had allowed to detect changes in ecosystems. Thus, as humus forms with their vertical horizons successions could bring information about ecosystem's evolution, there is no reason that the use of humus forms described in a synchronic approach will not word in hygrophilous environment.

4.2.2 Material and methods

Study sites

The three study sites are located between 1000 m a.s.l. and 1040 m a.s.l. in the Jura Mountains: two are in Switzerland and the third one in France (Figure 4.2.1). In Switzerland, the wetlands are in Vallée de Joux, and called La Burtignière (along the Orbe river and next to peat bogs) and Le Sentier (on the shore of the lake of Joux). In France, fens in Chapelle-des-Bois are studied in a short

valley, close and parallel to Vallée de Joux. The three sites are separated by about 14 km.
At these elevations, the climate of the Jura mountains is characterized by important yearly rainfalls (1500 – 1800 mm; BAILLY *et al.*, 2007), regularly distributed along the whole year, and by temperatures fluctuating between -2°C in January and 15°C in July (GALLANDAT, 1982; MÉTÉOSUISSE, 2014). Snow covers the ground approximately four months.
At geomorphological and geological points of view, the Vallée de Joux is a synclinal, whereas Chapelle-des-Bois is an anticlinal (BICHET & CAMPY, 2009). All these regions are composed of calcareous sedimentary rocks (cf. chapter 2). The impermeability of the three sites, based on limestone is ensured by marls rocks or by local ice moraines (BICHET & CAMPY, 2009).

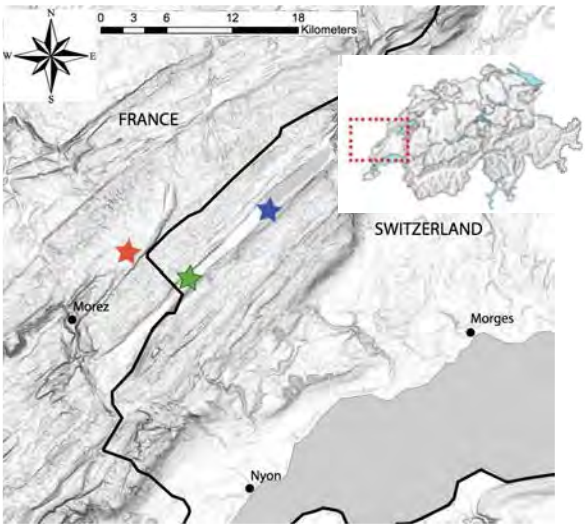


Figure 4.2.1: Study area with the three study sites (in red: Chapelle-des-Bois (France), 1108 m a.s.l., 46°34'31 N, 6°05'39 E; in blue: Le Sentier (CH), 1007 m a.s.l., 46°36'41 N, 6°14'53 E; in green: La Burtignière (CH), 1042 m a.s.l., 46°33'39 N, 6°10'15 E). Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).

Data acquisition

Selection and relocalization of former relevés

GALLANDAT (1982) studied the wetland vegetation, with numerous exhaustive floristic relevés realized between 1974 and 1988. About 300 relevés could be relocalized on the basis of his schematic drawings in his field books and of his phytosociological maps, all classified by the author at the association level (or lower units). Then, among these 300 relevés, only those belonging to the five selected phytosociological alliances of fens (*Caricion davallianae*, *Caricion fuscae*) and wet meadows (M*olinion*, *Calthion* and *Filipendulion*), and having a surface higher or equal to 10 m^2 and complete information about them (dates, covering and sketch to facilitate the relocalization) were kept. A random selection of 30 relevés in each phytosociological alliances was then carried out, with the constraint that at least one relevé was present in each association or lower units. In this selection, the three sites were considered together. The position and accessibility of the selected relevés were then firstly controlled by old and new orthophotos (1979 – 1980; 2008 – 2009), and secondly by direct visits on the field. Some relevés were left because of their inaccessible location and finally 110 relevés were retained. See section 2.2 for more details.

Resurvey of the former relevés: vegetation and humus forms data

These 110 former relevés were re-located and resurveyed in summer 2012 and 2013. In the field, their exact location was found with a Garmin GPS receiver, with an accuracy of 3 m.

Vegetation data

A new plot, with the same area as the original relevé, was defined with its bottom left corner corresponding to the target coordinates. All plant species were recorded according to AESCHIMANN *et al.* (2005) and LAUBER *et al.* (2007) and their estimated cover according to BRAUN-BLANQUET (1964). For each relevé, cover classes were transformed into absolute mean cover. Then, species cover was transformed into relative cover (total species cover in a relevé brought to 100%; GILLET, 2010). Finally, an Hellinger transformation (function *decostand* in R) was used in order to reduce the range of cover values and to cope with the large proportion of 0 in the data set (FAZEKAS & LIESE, 1996; LEGENDRE & GALLAGHER, 2001; BORCARD *et al.*, 2011). See section 2.3 for more details.

The attribution of all relevés (new and old) to phytosociological names (alliances) was made by the use of Phytobase database (GILLET, 2010), using the same synsystem as GALLANDAT (GALLANDAT, 1982; Appendix A.2). For this, the original relevés of GALLANDAT (1982) appearing in the database were used as reference to calculate an average relevé for each syntaxon. Seven different similarity indexes were then used to compare all relevés to these average relevés. Finally, mean of these indexes was used to carry out the phytosociological diagnostic, i.e. the relevés were assigned to the syntaxon with which they had the strongest similarity (GILLET, 2010). The result obtained by Phytobase was then controlled by the use of phytosociological literature (OBERDORFER, 1957, 1983, 1992, 1993; DELARZE & GONSETH, 2008; FERREZ *et al.*, 2011). Phytobase uses the synsystem of Julve (JULVE, 1998). The attribution of each relevé to an alliance name coming from the synsystem of Gallandat was done using the diagnosis of elementary syntaxon given by Phytobase. See paragraph 2.3.3 for more details.
This assignment of each relevés to a reference alliance allowed detecting alliance changes between both inventories (1974 and 2012), and thus provided information about the **state of each vegetation relevé** (vegetation that changed or not at alliance level). The phytosociological names of the old relevés of GALLANDAT were attributed identically by using Phytobase than by GALLANDAT himself.
The term « relevé(s) » refers in this study to the phytosociological relevés (vegetation study). The

numbering of these relevés is based on the numbering given by GALLANDAT (1982).

Humus forms data

In the centre of the area of each phytosociological relevé (cf. section 2.4), humus forms were described on the field, firstly with a spade (side of 20 cm, and depth of 30 cm) and then with canal and/or classic augers to continue the sondage. The horizons present in all humus forms profiles were defined and named according to the *Référentiel Pédologique* (BAIZE & GIRARD, 2009). When the attribution name for some horizons was problematic, a sample of these horizons was taken to analyse it in laboratory (Appendix B.9). The sheet used for the descriptions of soils and humus forms profiles are found in the Appendix B.15.

Then the current and published classification keys of ZANELLA *et al.* (2011) and JABIOL *et al.* (2013) were used to assign each successions of holorganic (O), organic (H) and organo-mineral horizons (A, Ah, An, Ag) to a REFERENCE name of humus forms (cf. Appendices A.5, C.4 and C.6). Some humus forms were created especially because they did not correspond to any description in the classification keys (cf. section 3.3). Some qualifiers coming from JABIOL *et al.* (2013) were added to humus forms but they are present only in the Appendices A.5, C.4 and C.6. In this study, the nomenclature coming from the principal key of ZANELLA *et al.* (2011) is given in the text, on the Figures and in the Tables. The nomenclature of JABIOL *et al.* (2013) is sometimes given in brackets and followed the ZANELLA's nomenclature. All humus forms are noted into SMALL CAPITAL LETTERS.

The term "profile(s)" refers in this study to humus forms profiles and descriptions. The numbering of these profiles is based on the numbering given by GALLANDAT (1982) and are the same as the one used for the vegetation. Thus, the term "relevé(s)/profile(s)" used here refers to the number of "relevé/profile" meaning both vegetation and humus forms.

Statistical analyses

All analyses were done with the statistical software R (R DEVELOPMENT CORE TEAM, v. 3.0.2, 2013).

Firstly, vegetation changes were detected by comparing the phytosociological name at the alliance level of old relevés in 1974 to the one of the new relevés in 2012 (state of the vegetation; cf. name's attribution in the paragraph "*Resurvey of the former relevés: vegetation and humus forms data"*). The five original alliance of GALLANDAT (1982) are used as basis of these comparisons. Secondly, humus forms were described at the REFERENCE's name level and at the horizon succession level (for this latter, all different successions present in each REFERENCE of humus form were exposed). Then, globally, relations between (1) the **state of the vegetation** (that has changed or not of phytosociological alliance between 1974 and 2012) (cf. paragraph 4.2.2 about "*Vegetation data*") and the **humus forms REFERENCES**, and between (2) the **state of the vegetation** and the **horizons successions of the humus forms**, were analysed. In this purpose, a Fisher-test was made globally in order to detect or not a relation between the type of the humus forms and the state of the vegetation (Fisher-test; **stats** library). Another Fisher test was also made to detect if there was a relation between the succession of horizons in the humus forms and the state of the vegetation.

Finally, by alliances, combinations of all possible cases existing between the vegetation state and the supposed humus forms state (changed or not) were exposed one by one in order to highlight the edaphic causes of the vegetation shifts at the alliance level. Humus forms state (supposed changed or not) were determined thanks to some criteria exposed in the humus forms descriptions (at the REFERENCES and horizons successions levels; cf. paragraph 4.2.3 "*Humus forms References and horizons successions"*).

4.2.3 Results

Vegetation changes, humus forms REFERENCES and horizons successions

The 220 relevés/profiles (110 pairs of old and new relevés) with vegetation's names and humus forms (name and succession horizons) are presented in the Appendices C.4 and C.6. Furthermore, these relevés/profiles are also presented in detail with schemas and photos in the Appendix A.5. Concerning the pedological schemas present in the following paragraphs of the discussion (cf. paragraph 4.2.4), the legends are given at the beginning of the Appendix A.5.

Vegetation changes

88 relevés remained in the same alliance whereas 22 relevés changed of alliance between both inventories (1974 and 2012; Figure 4.2.2).

In the *Molinion* alliance, only one relevé shifted to another alliance, the *Caricion davallianae*. 21 relevés remains in this alliance.

For the *Caricion davallianae*, two relevés shifted into the *Molinion*, one into the *Calthion*, and four into the *Filipendulion*. 15 relevés did not change and remained in the *Caricion davallianae*.

In the *Calthion*, 12 relevés did not change, whereas seven relevés shifted to the *Filipendulion* and three relevés shifted into the *Magnocaricion*.

In the *Filipendulion*, 26 relevés did not change, whereas two relevés became *Alliarion*.

In the *Caricion fuscae*, only two relevés shifted into the *Filipendulion*. 14 relevés remained stable in the *Caricion fuscae*.

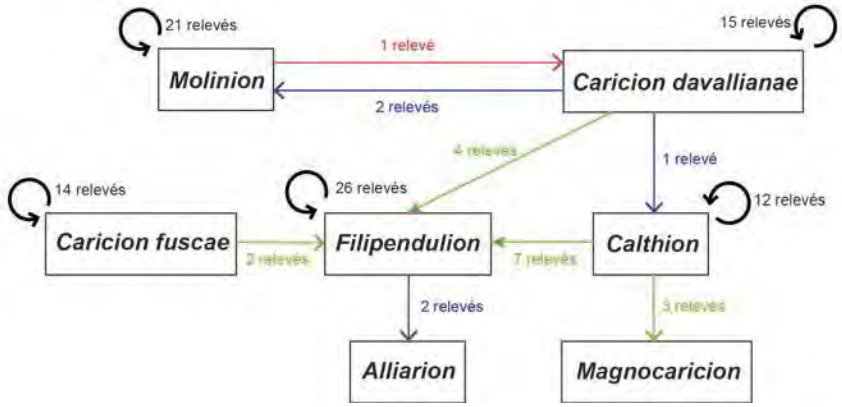


Figure 4.2.2: Shifts (flat arrows) and stability (circular arrows) of the different phytosociological alliances, with the relevés associated (in red, the shift concerns relevés in Chapelle-des-Bois; in blue, relevés in Le Sentier; in green, relevés in La Burtignière).

Humus forms REFERENCES *and horizons successions*

The 110 humus forms profiles can be divided into 10 different REFERENCES according to ZANELLA *et al.* (2011). See the Table 4.2.1 for the correspondence with JABIOL *et al.*, 2013). These profiles can also be divided into 12 different horizons successions (Tables 4.2.2 and 4.2.3):

- EUHISTOANMOOR is an HISTOFORM characterized by an anmoor (An) horizon, which is rich in humified organic matter and results of a prolonged water-saturation alternating with dry summer conditions (BAIZE & GIRARD, 2009; ZANELLA *et al.*, 2011). In the study sites, this humus form can contain three different horizons successions:
  1) The An horizon can be placed alone above for example a mineral horizon: then the horizon succession of the humus form is simply **An**.
  2) The An horizon can also be placed above a succession of histic horizons H; in this case, the horizons succession of the humus form is **An / H**.
     This case indicated a change of the humus forms that appeared at a given moment in the past, probably during the Little Ice Age by looking at the appearance of the horizon in the profile (functioning and morphological).
  3) The An horizon can also be placed above an other organo-mineral horizon as Ag (hydromorphic organo-mineral horizon characteristic of HYDROFORMS); in this situation, the horizon succession of the humus form is **An / Ag**.
     This case indicated also a change of the humus forms (functioning and morphological).
- HYDROFORM is characterized by a hydromorphic and massive organo-mineral horizon (Ag; BAIZE & GIRARD, 2009; ZANELLA *et al.*, 2011). This horizon contains oxydo-reduction marks and is influenced by temporary nappe on the top or by raising water by capillarity coming from the depth. In the study sites, this humus forms is characterized by the presence of **Ag** horizon as first organo-mineral horizon.
- TERROFORM is a terrestrial humus form that is completely out of water and not influenced by it (BAIZE & GIRARD, 2009; ZANELLA *et al.*, 2011). The aerobic organo-mineral horizons are placed above non-hydromorphic horizons. The horizon succession of this humus forms is simply **A or Ah** (Ah for a organo-mineral horizon rich in organic matter).
- HYDROFORM with tendency to TERROFORM is a humus form created in this thesis (cf. section 3.3), which is characterized by Ag horizons present below a surface completely dry and not influenced by water (aerobic organo-mineral horizons: A or Ah). As HYDROFORMS are characterized by Ag horizons present directly from the top of profile, the presence of drier horizons above this Ag horizon seems to indicate a change of the humus forms towards drier conditions (functioning and morphological). In the study sites, this humus form contains two different horizon successions (from the top to the depth):
  1) The horizon A or Ah can be present directly above a mineral and hydromorphic horizon (G or g); in this case, the horizon succession of the humus form is **A or Ah.**
  2) The horizon A or Ah is present above an Ag horizon which is then present above a G, g or Cca horizon; in this case, the horizon succession is **A or Ah / Ag**.
- EPIHISTOFORM is a humus form composed of histic horizons H (representing water-saturation and peat) and hydromorphic organo-mineral horizons Ag (representing dryer periods) (BAIZE & GIRARD, 2009; ZANELLA *et al.*, 2011). In the study sites, the horizon succession of this humus forms is **H / Ag.**
- HISTOFORM is a semi-terrestrial humus form characterized by water-saturation and histic horizons H (BAIZE & GIRARD, 2009; ZANELLA *et al.*, 2011). This humus forms is composed of a succession of **H** horizons.
- HISTOFORM with tendency to drying up at the surface is a specially created humus form, composed of one or many sapric histic horizon(s) present on the top of

the profiles. This succession is contrary to the general rule, which says that these degraded horizons are situated in the depth of the solum (GOBAT *et al.*, 2010 ; CARRERA & BRODARD, 2014). Moreover, these humus forms contain at the surface (first horizon) histic sapric horizons (Hszo, Hsnoz and Hsl) that are drier than the others horizons present under. This horizon succession seems to be characteristic of a drying up at the surface (oxic conditions), with an efficient activity of the aerobic fauna or microorganisms. This humus form is composed by a drier Hs on the top of the profile, which correspond to this horizons successions: **Hs / Hm / Hf.**

- Three humus forms are "superposed to" other and older humus forms. These cases indicate a change of the humus forms in the past (functioning and morphological, particularly with mineral supply).

  1) EUHISTOANMOOR superposed to HISTOFORM is composed of an old HISTOFORM that was covered by mineral particles. These particles provided the formation of hydromorphic and mineral horizons as G and g. Then, an anmoor organo-mineral horizon appeared above. The horizon succession is **An superposed to H**.

  2) HYDROFORM with tendency TERROFORM, superposed to HISTOFORM. In this humus form, the HISTOFORM present in the depth of the profile was also covered by mineral particles that provided the formation of a mineral and hydromorphic horizon g. An organo-mineral hydromorphic horizon appeared above, followed by another aerobic organo-mineral horizon rich in organic matter (Ah). The horizon succession from the top to the bottom of the profile is **A or Ah / Ag superposed to H**.

  3) TERROFORM superposed to HISTOFORM. The surface of the profile is composed of an oxic holorganic horizon OH. This horizon is then present above numerous histic horizons. The horizon succession is **OH superposed to H.**

As no humus forms data were available from GALLANDAT or other authors for the study period (1974 to 2012), **the state of humus forms** (changed or not) was established and supposed according to the observations in the field during the profiles descriptions. The following humus forms, that were also identified in the section 3.3 of this thesis, could be mainly considered as changed because they were subjected to ecological recent or past modifications and thus contained horizons successions characteristic of functioning or morphological changes: (1) EUHISTOANMOOR (with the horizons successions An / H; An / Ag), (2) HYDROFORM with tendency to TERROFORM (A or Ah; A or Ah / Ag), (3) HISTOFORM with tendency to drying up at the surface (Hs / Hm / Hf), (4) EUHISTOANMOOR superposed to HISTOFORM (An superposed to H), (5) HYDROFORM with tendency TERROFORM, superposed to HISTOFORM (A or Ah / Ag superposed to H) and (6) TERROFORM superposed to HISTOFORM (OH superposed to H). The criteria used in this study to assess the presence of these modifications are:

- marks of mineralogical and/or lithological rupture in the humus form, which highlight a recognized mineral supply at a given moment (e.g. H horizons covered by A horizons; superposed humus forms);
- highlight of functional rupture in the humus forms, expressing a water regime change (An above Ag; A or Ah above Ag or g), as respectively seasonal fluctuation (An / Ag) or a drying up on the top (A or Ah / Ag or g);
- presence of horizon successions that did not followed general rules, as presence of Hs horizons above Hf horizons. (GOBAT *et al.*, 2010; CARRERA & BRODARD, 2014). Moreover, these Hs horizons are drier than the others horizons present under, which express a drying up on the surface with peat decomposition.

Indeed, these humus forms have illogical horizons successions or functioning, with a net rupture. These changed humus forms had suffering from ecological modifications and thus functioning changes. As the exact moment of these humus forms modifications are not known (maybe some were already present in 1974.), these changed humus forms could be considered as **supposed changed humus**. In this study, in order to estimate when the modification has occurred recently or more in the past, the position of the concerned horizon in the profile was used: the signs of perturbations or horizons situated in the surface, have occurred more recently that those present in the depth (BAIZE & GIRARD, 2009). The presence of dryer horizon in the surface can also supposed to be an on-going drying up because it seems to continue currently. Therefore, only suppositions about the results obtained on the causes of vegetation changes could be made. Thus, the following results and discussions are based only on observations and hypothetical links. Further investigations are thus necessary to validate or not these suppositions.

Table 4.2.1: Correspondences between humus forms REFERENCES according to both classifications.

HUMUS FORMS ACCORDING TO ZANELLA *ET AL.* (2011)	HUMUS FORMS ACCORDING TO JABIOL *ET AL.* (2013)
Humus forms that exist already in both keys	
TERROFORMS	TERROFORMS
HYDROFORMS	*Stagnic* TERROFORMS
HISTOFORMS	HISTOFORMS
EUHISTOANMOOR	EUANMOOR
EPIHISTOFORM	*Epihistic* HISTOFORM
Humus forms that do not exist in both keys (created in this thesis)	
HYDROFORM with tendency to TERROFORM	*Stagnic* TERROFORM (*Drying up at the surface*)
HISTOFORM with tendency to drying up at the surface	HISTOFORM (*Drying up at the surface*)
SUPPERPOSED TO	SUPERPOSED TO

Table 4.2.2: Counts of each humus forms REFERENCES coming from ZANELLA et al. (2011) between the relevés/profiles that present vegetation changes and that do not present vegetation change. The links with JABIOL et al. (2013) can be found in the Table 4.2.1.

	EUHISTOANMOOR	HYDROFORM with tendency TERROFORM	HISTOFORM	HISTOFORM with tendency to drying up at the surface	EPIHISTOFORM	HYDROFORM	TERROFORM	EUHISTOANMOOR superposed to HISTOFORM	HYDROFORM with tendency TERROFORM, superposed to HISTOFORM	TERROFORM superposed to HISTOFORM	TOTAL
vegetation change	11	7	1	0	0	0	2	1	0	0	22
no vegetation change	19	35	18	7	1	1	4	1	1	1	88
TOTAL	**30**	**42**	**19**	**7**	**1**	**1**	**6**	**2**	**1**	**1**	**110**

Table 4.2.3: Counts of each humus forms successions horizons between the relevés/profiles that present vegetation changes and that do not present vegetation change.

	An	An / Ag	An / H	Ag	H / Ag	Hs / Hm / Hf	H	A or Ah / Ag	A or Ah	An superposed to H	Ah / Ag superposed to H	OH superposed to H	TOTAL
vegetation change	1	4	6	0	0	0	1	2	7	1	0	0	22
no vegetation change	13	1	5	1	1	7	18	12	27	1	1	1	88
TOTAL	**14**	**5**	**11**	**1**	**1**	**71**	**19**	**14**	**34**	**2**	**1**	**1**	**110**

Relations between the vegetation dynamics and the humus forms (humus forms REFERENCES and horizons successions)

Globally

There is **no significant relation between the type of the humus forms and the state of the vegetation** (p = 0.111). The distribution of the 110 relevés/profiles according to the type of their humus forms and their vegetation state is not different than expected by chance (Table 4.2.2).

The vegetation **that has not changed of alliance (88 relevés/profiles) is characterized by a great diversity** of humus forms (Figure 4.2.3; Table 4.2.2). The most abundant humus forms are HYDROFORMS with tendency TERROFORMS (40%), EUHISTOANMOORS (22%), HISTOFORMS (20%) and HISTOFORMS with tendency to drying up at the surface (8%). **The 22 relevés/profiles that shifted into another alliances** are characterized by a huge proportions of EUHISTOANMOORS (50%) and by HYDROFORMS with tendency TERROFORMS (32%) (Figure 4.2.4; Table 4.2.2).

There is a **significant relation between the successions of horizons in the humus forms and the state of the vegetation** (p = 0.004). The distribution of the 110 relevés/profiles according to the horizons successions of their humus forms and their vegetation state is different than expected by chance (Table 4.2.3).

The vegetation that has not changed of alliance (88 relevés/profiles) is characterized by a **great diversity** of horizons successions (Figure 4.2.5; Table 4.2.3). The most abundant successions of horizons are A or Ah (31%), H (20%), A or Ah / Ag (14%), An (15%), Hs / Hm / Hf (8%) and An / H (6%). In the 22 relevés/profiles that shifted into another alliance, the most abundant horizons successions are A or Ah (33%), An / H (29%), An / Ag (19%) and A or Ah / Ag (10%) (Figure 4.2.6; Table 4.2.3).

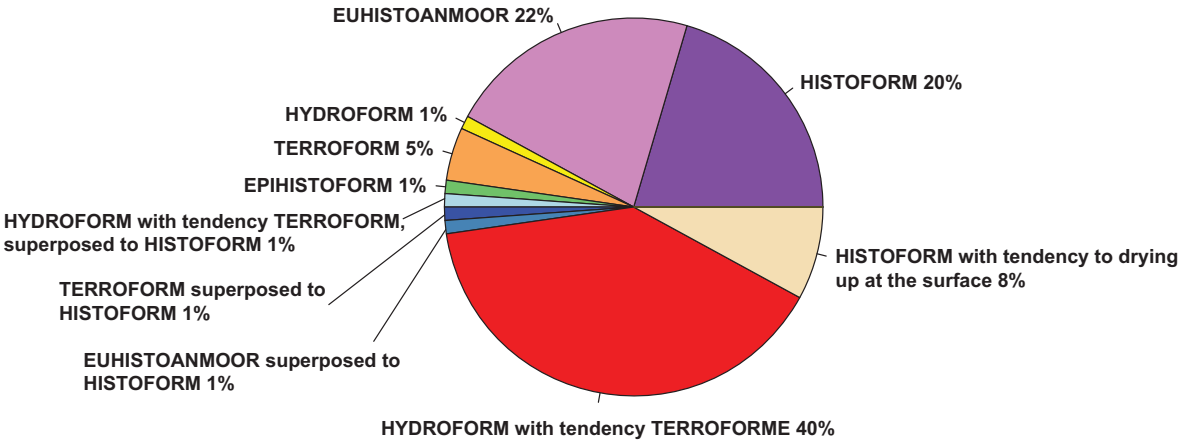


Figure 4.2.3: Proportions of humus forms REFERENCES according to ZANELLA et al. (2011) in the 88 relevés/profiles with no vegetation change. The links with JABIOL et al. (2013) can be found in the Table 4.2.1.

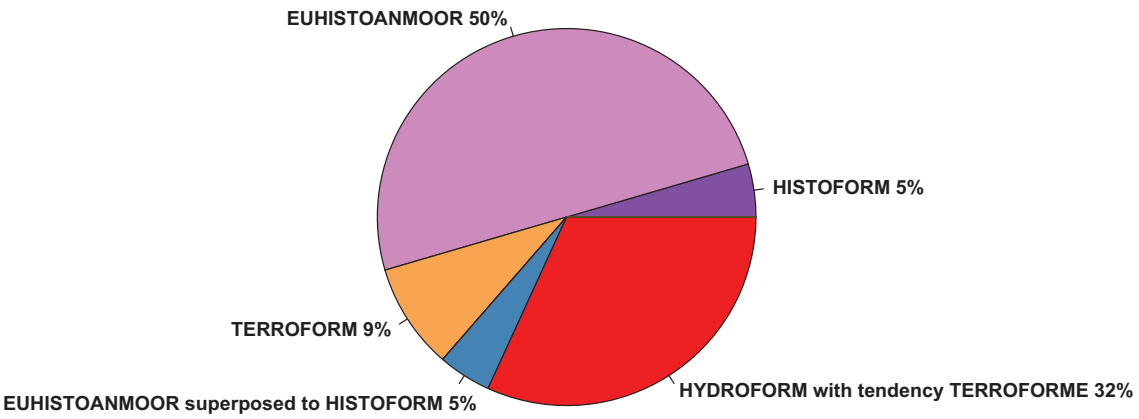


Figure 4.2.4: Proportions of humus forms REFERENCES according to ZANELLA et al. (2011) in the 22 relevés/profiles with vegetation changes. The links with JABIOL et al. (2013) can be found in the Table 4.2.1.

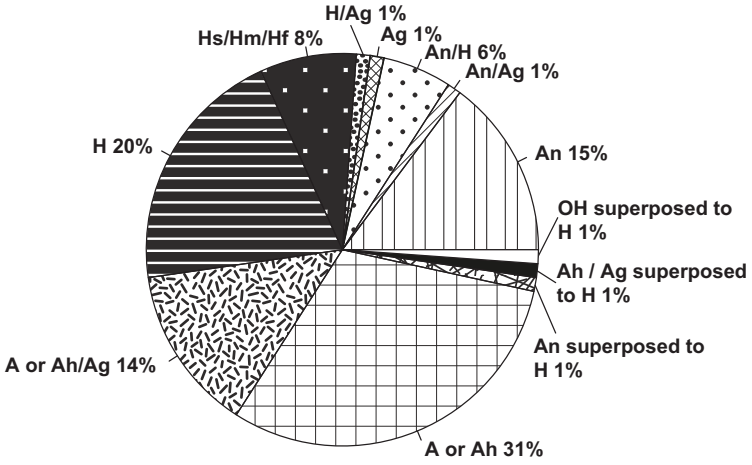


Figure 4.2.5: Proportions of horizons successions in the 88 relevés/profiles with no vegetation change.

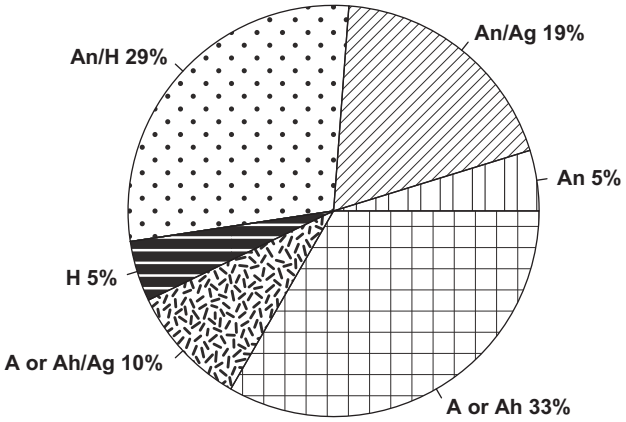


Figure 4.2.6: Proportions of horizons successions in the 22 relevés/profiles with vegetation changes.

By alliances

By alliances, combinations of all possible cases existing between **vegetation state (observed changed or not at alliance level,** cf. paragraph 4.2.2 about "Vegetation data") and **humus forms state** (**supposed** changed or not, cf. paragraph 4.2.3 about "Humus forms REFERENCES and horizons successions") were also revealed, in order to see the relevance of using humus forms as vegetation change detection. Four possible combinations can occur between the state of the vegetation (changed or not) and the state of the humus forms (supposed changed or not) and the horizons successions. All of them were observed in the study sites and are described below.

Relevés presenting vegetation changes (Figure 4.2.7)

This paragraph presents the 22 relevés/profiles in which a vegetation changes has been proved (shift of alliance). It can be possible to separate this relevés/profiles into two groups: the one that present supposed humus forms changes (18 relevés/profiles; Figure 4.2.8; Table 4.2.4; case 1) and other with no supposed changes of humus forms (4 relevés/profiles; Figure 4.2.9; Table 4.2.5; case 2).

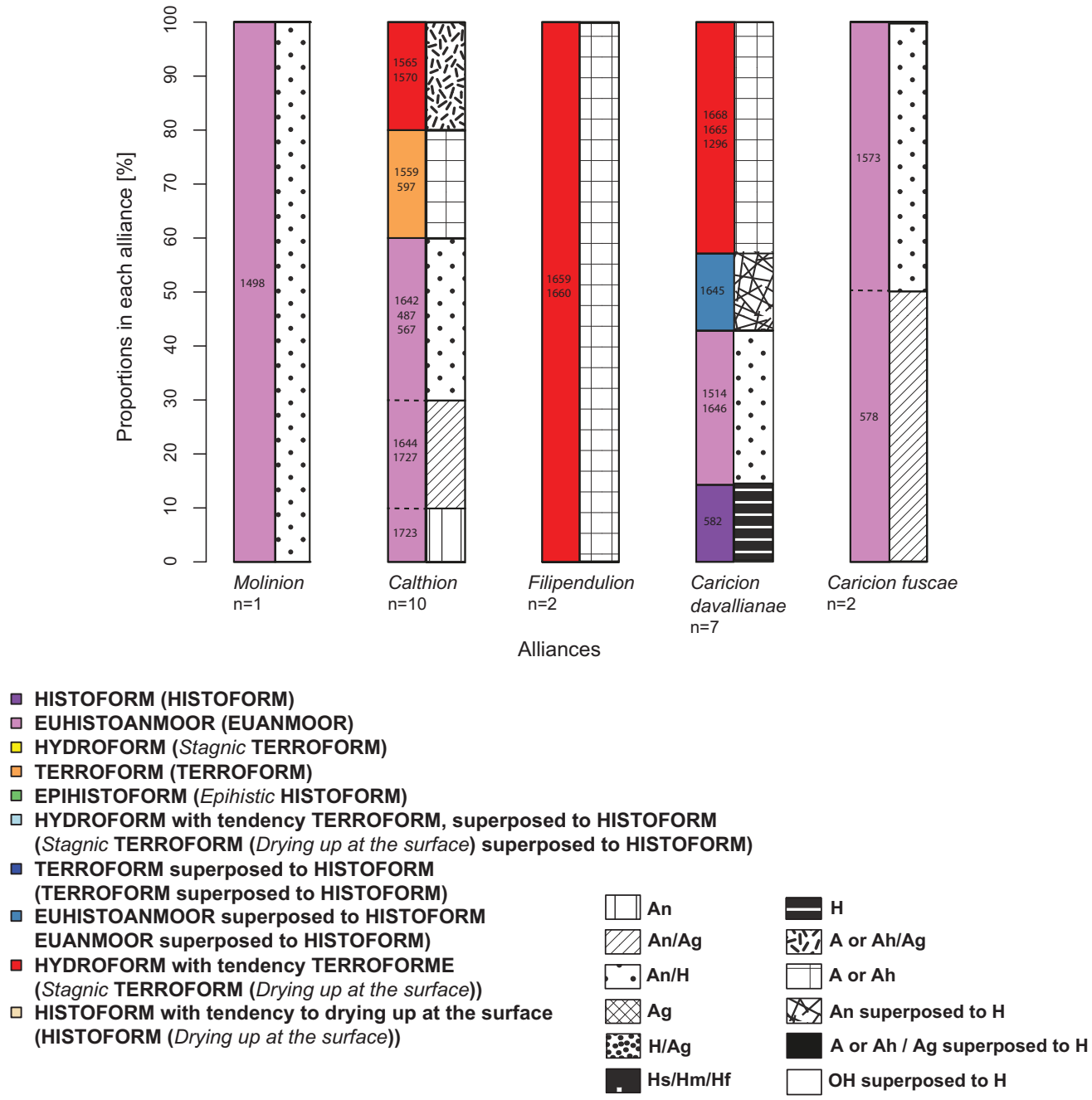


Figure 4.2.7: Proportions of the humus forms REFERENCES with their respective horizons successions for each relevé that changed of alliance. The alliances indicated under the graph are the initial alliances, i.e. from which the relevé has shifted to reach an other alliance. In brackets is given the nomenclature of JABIOL et al. (2013).

Case 1: changed vegetation – supposed changed humus forms (Figure 4.2.8; Table 4.2.4)

Globally, this case regroups 18 relevés/profiles in which vegetation and humus forms changed, as EUHSTOANMOORS (with the horizons successions An / H; An / Ag), HYDROFORMS with tendency TERROFORMS (A or Ah / Ag; A or Ah) and EUHISTOANMOOR superposed to HISTOFORM (An superposed to H).

In the *Molinion*, only one relevé shifted into another alliance, the *Caricion davallianae* (Figure 4.2.8). This relevé/profile is characterized by an EUHISTOANMOORS (An / H) (Figure 4.2.8; Table 4.2.4).

For the *Calthion*, four relevés/profiles shifted to *Filipendulion* and are characterized by EUHISTOANMOORS (An / H; An / Ag), and three shifted into the *Magnocaricion* and are characterized by EUHISTOANMOOR (An / Ag) and HYDROFORMS with tendency TERROFORMS (A or Ah / Ag).

In the *Filipendulion,* only two relevés/profiles dropped from this alliance and came into *Alliarion* and are characterized by HYDROFORMS with tendency TERROFORMS (A or Ah).

In the *Caricion davallianae,* 6 relevés dropped from this alliance. One relevé/profile became a *Calthion* and two relevés/profiles became *Molinion*, and are characterized by HYDROFORMS with tendency TERROFORMS (A or Ah). Three relevés/profiles became *Filipendulion* and are characterized mostly by EUHISTOANMOORS (An / H) and by EUHISTOANMOOR superposed to HISTOFORM (An superposed to H).

The two relevés/profiles that switched from the *Caricion fuscae* to the *Filipendulion* are characterized by EUHISTOANMOORS (An / H; An / Ag).

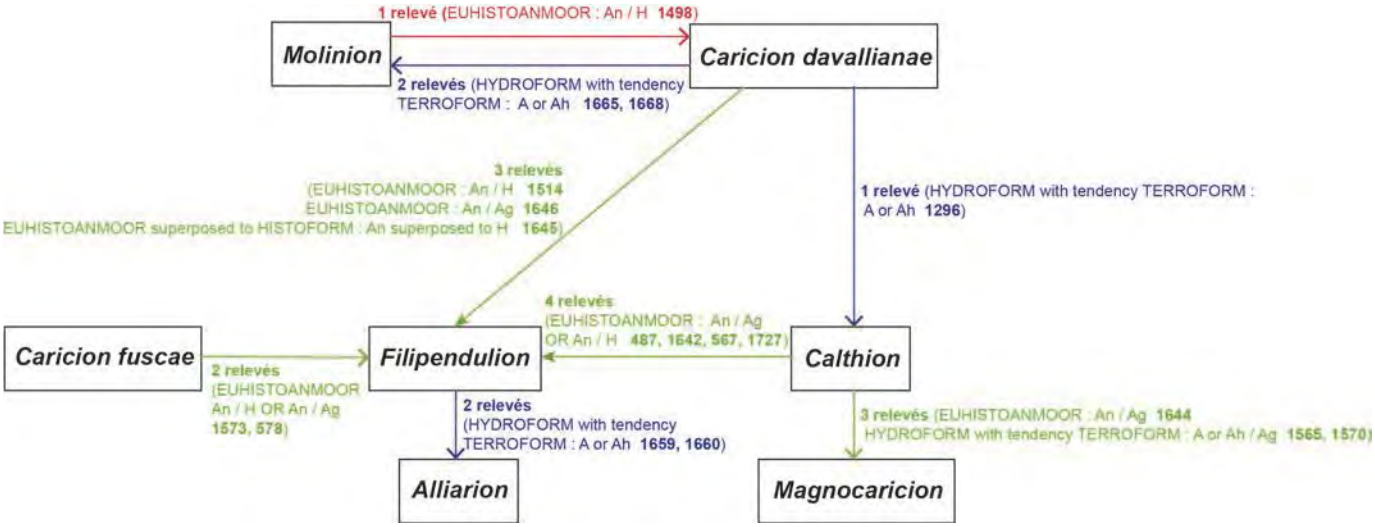


Figure 4.2.8: Case 1: vegetation changes with supposed humus forms changes. Shifts (flat arrows) of the different phytosociological alliances, with the relevés/profiles, the humus forms REFERENCES and the horizons successions associated. In red, the shift concerns relevés/profiles in Chapelle-des-Bois; in blue, relevés/profiles in Le Sentier; in green, relevés/profiles in La Burtignière. The nomenclature is the one of ZANELLA et al. (2011). The links with JABIOL et al. (2013) can be found in the Figure 4.2.7.

Table 4.2.4: Presentation of the relevés/profiles that present alliance changes and supposed humus forms changes. Case 1: vegetation changes, supposed humus forms changes. Nomenclature of humus forms is from ZANELLA et al. (2011).

HUMUS FORMS	HORIZONS SUCCESSIONS	*Molinion*	*Calthion*	*Filipendulion*	*Caricion davallianae*	*Caricion fuscae*	TOTAL
EUHISTOANMOOR	An / H	1498	1642 487 567	-	1514	1573	6
	An / Ag	-	1644 1727	-	1646	578	4
HYDROFORM with tendency TERROFORM	A or Ah / Ag	-	1565 1570	-	-	-	2
	A or Ah	-	-	1659 1660	1668 1665 1296	-	5
HISTOFORM with tendency to drying up at the surface	Hs / Hm / Hf	-	-	-	-	-	0
EUHISTOANMOOR superposed to HISTOFORM	An superposed to H	-	-	-	1645	-	1
HYDROFORM with tendency TERROFORM, superposed to HISTOFORM	A or Ah / Ag superposed to H	-	-	-	-	-	0
TERROFORM superposed to HISTOFORM	OH superposed to H	-	-	-	-	-	0
TOTAL		1	7	2	6	2	18

Case 2: changed vegetation – no supposed humus forms change (Figure 4.2.9; Table 4.2.5)

Globally, this case regroups four relevés/profiles presenting vegetation changes but no supposed humus forms change. These relevés/profiles are characterized by EUHISTOANMOOR (with the horizon succession An), TERROFORMS (A or Ah) and HISTOFORM (H).

For the *Calthion,* three relevés/profiles shifted to *Filipendulion* and are characterized by EUHISTOANMOOR (An) and TERROFORMS (A or Ah).
In the *Caricion davallianae*, one relevé/profile became *Filipendulion* and is characterized by a HISTOFORM (H).

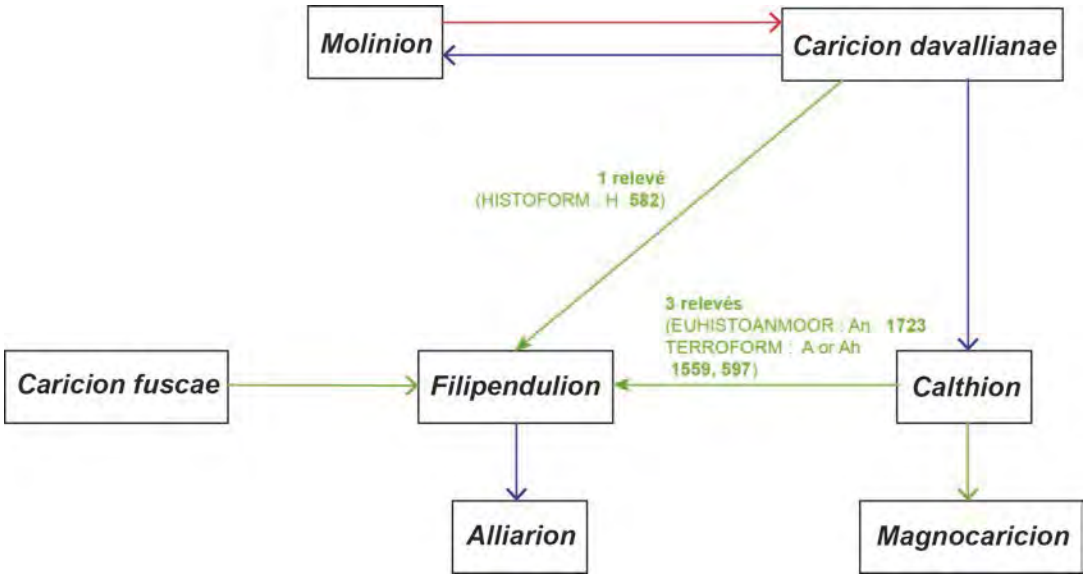


Figure 4.2.9: Case 2: vegetation changes with no supposed change of humus forms. Shifts (flat arrows) of the different phytosociological alliances, with the relevés/profiles, the humus forms REFERENCES and the horizons successions associated. In red, the shift concerns relevés/profiles in Chapelle-des-Bois; in blue, relevés/profiles in Le Sentier; in green, relevés/profiles in La Burtignière. The nomenclature is the one of ZANELLA et al. (2011). The links with JABIOL et al. (2013) can be found in the Figure 4.2.7.

Table 4.2.5: Presentation of the relevés/profiles that present alliance changes but no supposed humus forms changes. Case 2: vegetation changes, no supposed change in humus forms. Nomenclature of humus forms is from ZANELLA et al. (2011).

HUMUS FORMS	HORIZONS SUCCESSIONS	*Molinion*	*Calthion*	*Filipendulion*	*Caricion davallianae*	*Caricion fuscae*	TOTAL
EUHISTOANMOOR	An	-	1723	-	-	-	1
HISTOFORM	H	-	-	-	582	-	1
EPIHISTOFORM	H / Ag	-	-	-	-	-	0
HYDROFORM	Ag	-	-	-	-	-	0
TERROFORM	A or Ah	-	597 1559	-	-	-	2
TOTAL		0	3	0	1	0	4

Relevés presenting no vegetation changes (Figure 4.2.10)

This paragraph presents the 88 relevés/profiles in which no vegetation change has been detected (shift of alliance) (Figure 4.2.10; Tables 4.2.5 and 4.2.6). It can be possible to separate this relevés/profiles into two groups: one that presents supposed humus forms changes (51 relevés/profiles; Table 4.2.6; case 3) and the other with no supposed change (37 relevés/profiles; Table 4.2.7; case 4).

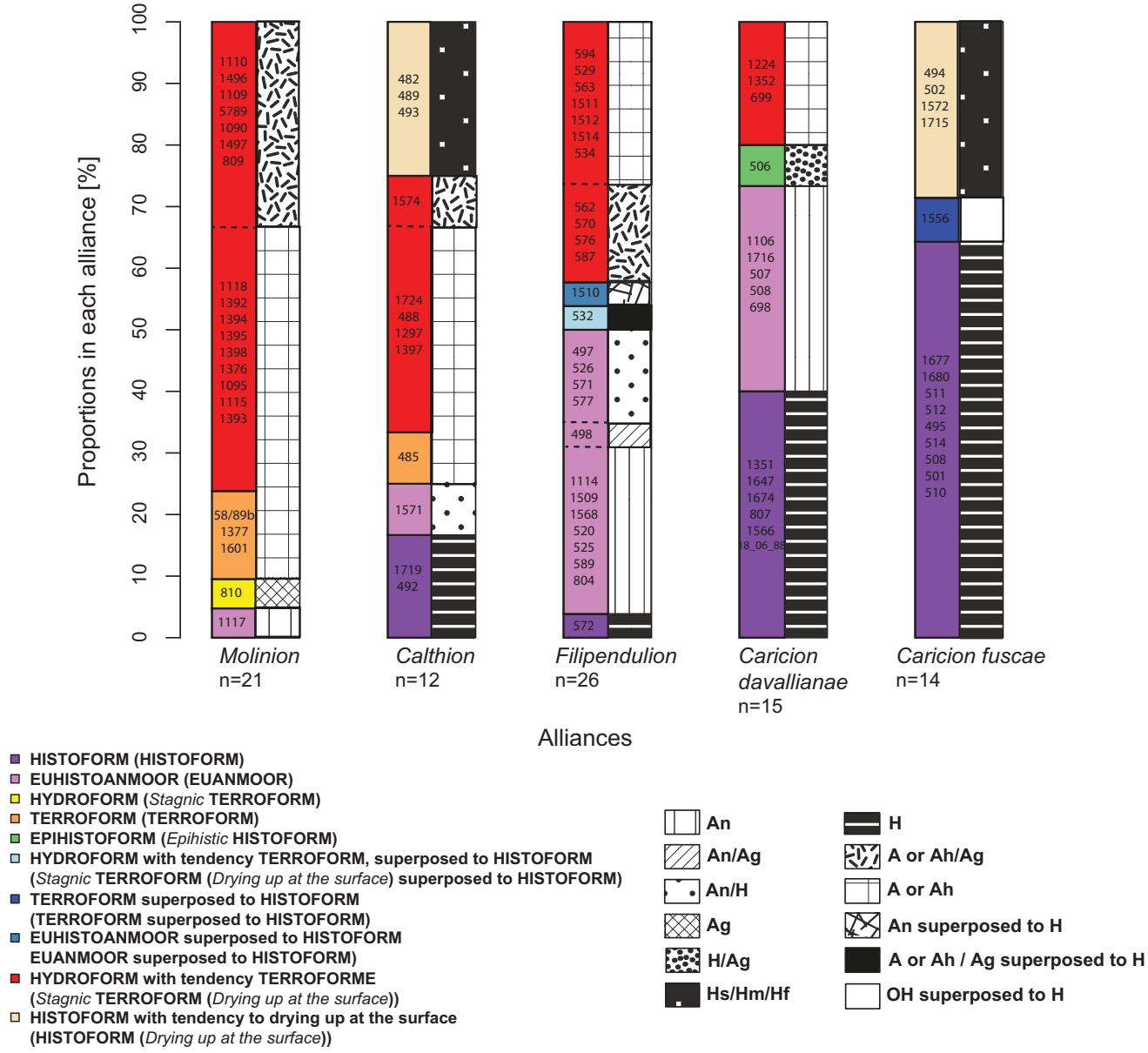


Figure 4.2.10: Proportions of the humus forms REFERENCES with their respective horizon successions for each relevé that remain in each alliance. In brackets is given the nomenclature of JABIOL et al. (2013).

Case 3: no vegetation change – supposed changed humus forms (Table 4.2.6)

Globally, this case regroups 51 relevés/profiles that have not changed of vegetation alliance, but present supposed humus forms changes. They are characterized by supposed changed humus forms and horizon successions, as EUHISTOANMOORS (An / H; An / Ag), HYDROFORMS with tendency TERROFORMS (A or Ah / Ag; A or Ah), HISTOFORMS with tendency to drying up at the surface (Hs / Hm / Hf), EUHISTOANMOOR superposed to HISTOFORM (An superposed to H), HYDROFORM with tendency TERROFORM superposed to HISTOFORM (A or Ah / Ag superposed to H) and TERROFORM superposed to HISTOFORM (OH superposed to H)

The 16 relevés/profiles in the *Molinion* are characterized by HYDROFORMS with tendency TERROFORMS (A or Ah / Ag; A or Ah) as observed on the field.
In the *Calthion*, the nine relevés/profiles are characterized by EUHISTOANMOOR (An / H), HYDROFORMS with tendency TERROFORMS (A or Ah / Ag; A or Ah) and HISTOFORMS with tendency to drying up at the surface (Hs / Hm / Hf).

The 18 relevés/profiles present in *Filipendulion* are characterized by EUHISTOANMOORS (An / H; An / Ag), HYDROFORMS with tendency TERROFORMS (A or Ah / Ag; A or Ah), EUHISTOANMOOR superposed to HISTOFORM (An superposed to H) and HYDROFORM with tendency TERROFORM superposed to HISTOFORM (A or Ah / Ag superposed to H).
In the *Caricion davallianae*, the three relevés/profiles are characterized by HYDROFORMS with tendency TERROFORMS (A or Ah).
The five relevés/profiles in the *Caricion fuscae* are characterized by HISTOFORMS with tendency to drying up at the surface (Hs / Hm / Hf) and TERROFORM superposed to HISTOFORM (OH superposed to H).

Table 4.2.6: Presentation of the relevés/profiles that do not present alliance changes but supposed humus forms changes. Case 3: no vegetation change, supposed humus forms changes. Nomenclature of humus forms is from ZANELLA et al. (2011).

HUMUS FORMS	HORIZONS SUCCESSIONS	*Molinion*	*Calthion*	*Filipendulion*	*Caricion davallianae*	*Caricion fuscae*	TOTAL
EUHISTOANMOOR	**An / H**	-	1571	497 526 571 577	-	-	**5**
	An / Ag	-	-	498	-	-	**1**
HYDROFORM with tendency TERROFORM	**A or Ah / Ag**	1110 1496 1109 5789 1090 1497 809	1574	562 570 576 587	-	-	**12**
	A or Ah	1118 1392 1394 1395 1398 1376 1095 1115 1393	1724 488 1297 1397	529 563 1511 1512 1513 534 594	1224 1352 699	-	**23**
HISTOFORM with tendency to drying up at the surface	**Hs / Hm / Hf**	-	482 489 493	-	-	494 502 1572 1715	**7**
EUHISTOANMOOR superposed to HISTOFORM	**An superposed to H**	-	-	1510	-	-	**1**
HYDROFORM with tendency TERROFORM, superposed to HISTOFORM	**A or Ah / Ag superposed to H**	-	-	532	-	-	**1**
TERROFORM superposed to HISTOFORM	**OH superposed to H**	-	-	-	-	1556	**1**
TOTAL		**16**	**9**	**18**	**3**	**5**	**51**

Case 4: no vegetation change – no humus forms change (Table 4.2.7)

Globally, this case regroups 37 relevés/profiles that present no change of vegetation alliance and no change of humus forms. These relevés/profiles are characterized by EUHISTOANMOORS (An), HYDROFORM (Ag), TERROFORMS (A or Ah), HISTOFORMS (H) and EPIHISTOFORM (H / Ag)

The five relevés/profiles of the *Molinion* are characterized by EUHISTOANMOOR (An), HYDROFORM (Ag) and TERROFORMS (A or Ah).
In the *Calthion*, the three relevés/profiles are characterized by HISTOFORMS (H) and TERROFORM (A or Ah).
In the *Filipendulion*, the eight relevés/profiles are characterized by EUHISTOANMOORS (An) and HISTOFORM (H).
In the *Caricion davallianae*, the 12 relevés/profiles present EUHISTOANMOORS (An), HISTOFORMS (H) and EPIHISTOFORM (H / Ag).
The nine relevés/profiles in the *Caricion fuscae* are characterized only by HISTOFORMS (H).

Table 4.2.7: Presentation of the relevés/profiles that do not present alliance and no supposed humus forms changes. Case 4: no vegetation change, no supposed change in humus forms. Nomenclature of humus forms is from ZANELLA et al. (2011).

HUMUS FORMS	HORIZONS SUCCESSIONS	*Molinion*	*Calthion*	*Filipendulion*	*Caricion davallianae*	*Caricion fuscae*	TOTAL
EUHISTOANMOOR	**An**	1117	-	1114 1509 1568 520 525 589 804	1106 1716 507 508 698	-	**13**
HISTOFORM	**H**	-	1719 492	572	1351 18_06_1988 1647 1674 807 1566	1677 1680 511 512 495 514 1508 501 510	**18**
EPIHISTOFORM	**H / Ag**	-	-	-	506	-	**1**
HYDROFORM	**Ag**	810	-	-	-	-	**1**
TERROFORM	**A or Ah**	58/89b 1377 1601	485	-	-	-	**4**
TOTAL		**5**	**3**	**8**	**12**	**9**	**37**

4.2.4 Discussion

Detection of vegetation changes with humus forms

According to the results obtained with the Fisher tests (cf. paragraph 4.2.3), the use of the horizons successions is generally better than the REFERENCES of the humus forms in this procedure. The reason is that the horizon is the fundamental unity of the functioning of the soil/humus form. The component “horizon” contains functional and morphological intrinsic characteristics (GOBAT *et al.*, 2010). The functioning of the humus forms that is reflected by the horizon succession is therefore important to consider in a purpose of vegetation change. Indeed, a humus forms is defined on the basis of its horizon successions. The attribution of a REFERENCE name for each humus form a classification key is a synthetic approach that simplify the properties of each humus forms, and can therefore concealed many things about the functioning and the characteristic of each of them. Therefore, in a study using humus forms in a purpose of vegetation change detection, it is important to consider both REFERENCES and detailed horizon successions in order to have enough information about the functioning of these upper soils and ecosystems dynamics. The use of the REFERENCES’ names should be maintained: indeed, it is important to attribute a name to a soil profile to facilitate and simplify the interpretations and the further comparisons in other ecosystems or regions.

Furthermore, in any pedological studies, the REFERENCES is always given.

Globally, in the cases **where both the humus forms and the vegetation changed,** humus forms and their horizons successions, mostly dry organo-mineral (A or Ah) and anmoor (An / H; An / Ag) horizons (Figures 4.2.11 and 4.2.12), possibly indicated, in the upper part of the soil, a drying up (A or Ah horizons) or a more fluctuating level of water (in An horizons; JABIOL *et al.*, 2007). These drier conditions lead to an increase of the organic matter mineralization causing by an increased and more efficient activity of the aerobic microorganisms and fauna, leading consequently to an increase of nutrients release (as it is observed in the anmoor organo-mineral horizon (An)), and a possible vegetation change (JABIOL *et al.*, 2007; GOBAT *et al.*, 2010).

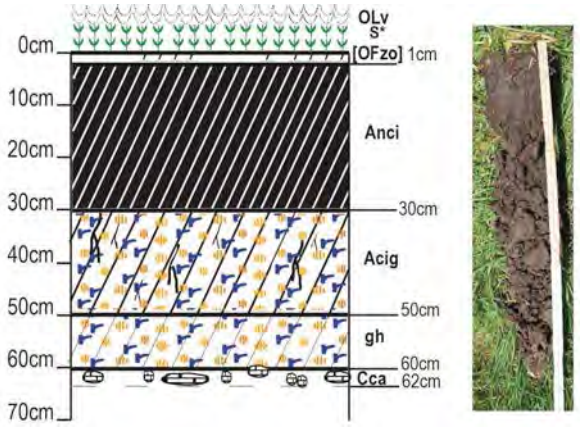


Figure 4.2.11: Schema of the soil and humus form (EUHISTOANMOOR according to ZANELLA et al. (2011)) of the relevé/profile 578, with the horizon An directly above hydromorphic organo-mineral horizon (An / Ag). Legend is found in the Appendix A.5.

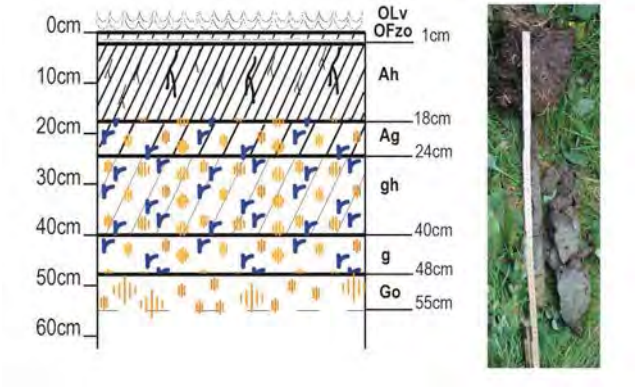


Figure 4.2.12: Schema of the soil and humus form (HYDROFORM with tendency TERROFORM according to ZANELLA et al. (2011)) of the relevé/profile 1565, with the horizon Ah directly above hydromorphic organo-mineral horizon (Ah / Ag).

In some profiles, concerning this anmoor horizon, it is often present above histic horizons (An / H). As the mineralization of the histic horizon in dry conditions do not enable the release of the mineral particles necessary to the formation of the An horizon (GOBAT, comm. pers.), this case indicates that these particles come form external inputs, as flooding or trampling by cows. This mineral supply with the fluctuated level of water in the soils especially in summer, have enabled the formation of this particular horizon (Figure 4.2.13). However in most of the cases, as the thickness of this organo-mineral horizon is important on the top, probably that this mineral supply was already present in 1974. However, we cannot be sure.

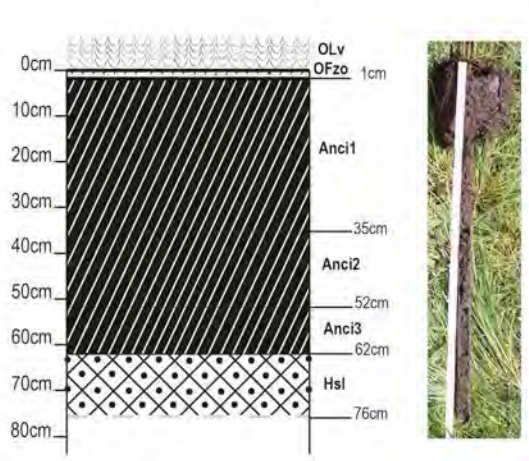


Figure 4.2.13: Schema of the soil and humus form (EUHISTOANMOOR according to ZANELLA et al. (2011)) of the relevé/profile 1642, with the horizon An directly above histic horizon (An / H).

These supposed results of **drying up at the surface of the soil** possibly detected by the humus forms may be inconsistent with the results obtained by the use of Landolt indicator values (cf. section 4.1; LANDOLT *et al.*, 2010), indicating that the study sites was more humid than 40 years ago, particularly in the alliance of the *Molinion* (cf. section 4.1).

How can we explain this contradiction? This contradiction between both methods could be that, as humus forms are the integrator of ecological conditions (JABIOL *et al.*, 2007; PONGE, 2003, 2013), it seems that a little decrease of water in soil has an impact on the organic matter degradation (with an increase) and thus on the humus form. A little and rapid drying up at the surface seems to be not detected by Landolt indicator values, because this value takes the mean humidity in the entire soil into account and not only the surface (LANDOLT, 1977; LANDOLT *et al.*, 2010). Therefore, it is possible that the soil in these wetlands is wet in the depth of the profiles but drier on the top in some of them. Consequently, Landolt indicator values show a “wet value” because it corresponds to a moisture mean of the soil, whereas that a dry surface is sufficient to change the humus forms and to be detected by them without be detected by Landolt indicator values. This contradiction could therefore indicates that humus forms and Landolt indicator values may be used together in order to detect as many causes of vegetation changes as possible and to perceive differences of vegetation dynamics between the studied wetlands.

In a few cases, humus forms seemed to provide no information on the causes of the vegetation changes. This

is especially the case **when the vegetation changed but not the humus forms.** This scenario indicates that the humus form is stable at the moment and was probably already present in 1974, and that the vegetation has changed before the humus form. Indeed, in some relevés/profiles with upper horizons rich in ions Ca^{2+} and clay, it seems that the resulting stable argilo-humic complex prevents the humus forms from being degraded or subjected to modifications as erosion (JABIOL *et al.*, 2007; GOBAT *et al.*, 2010). Therefore, the change in the soil is slow (Figure 4.2.14). This CALCISOL is in equilibrium with the macro-climatic climax: it was then probably (surely) present in 1974. The humid vegetation observed on this non-hydromorphic and drained soil is therefore due to transitory causes, as pasturing: indeed, cattle induce a trampling of the first horizons having thus an influence on the water saturation. However, this water saturation is not sufficient enough to create hydromorphic marks in soil, but it is sufficient to influence the growth of plant species. The vegetation changes, which shifted from *Calthion* to *Filipendulion* is probably caused by external parameters, as nutrient enrichment coming from nitrogen atmospheric deposition or by nutrients streaming from surroundings pastures or land-use changes. However, at the moment, we can not be sure if in the future, these humus forms could present changes or not (in case of eutrophication, they should probably show richer horizons in nutrient at the surface, as An or Ah). Furthermore, on the long-term, we cannot exclude that these floristic changes could induce humus forms changes in the future towards more nitrophilous and basophilous conditions notably by a change of the quality and the quantity of the litter (GOBAT *et al.*, 2010).

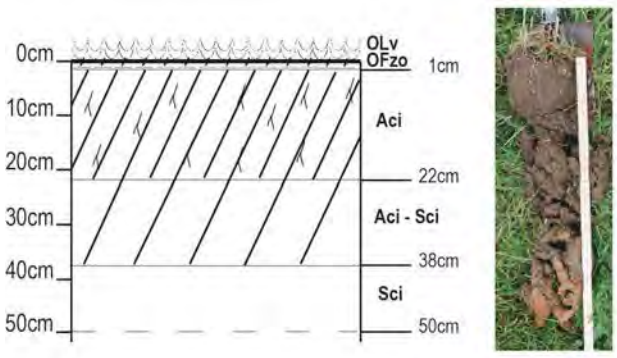


Figure 4.2.14: Schema of the soil and humus form (TERROFORM according to ZANELLA et al. (2011)) of the relevé/profile 597, with horizons rich in ions Ca^{2+}.

Furthermore, in the cases **where there is no vegetation change but supposed humus forms changes**, we can hypothesize that these situations indicated that the humus forms is unstable and that they seems to be subjected to a rapid degradation or modification happening before the vegetation change. The use of beta-diversity or distance analysis between old and new relevés could be considered in order to be sure of the vegetation changes (some modifications could occurred without causing alliance changes). These cases are not consistent with the general rule of dynamic soil-vegetation in which the vegetation change more rapidly than the soil (GOBAT *et al.*, 2010). They were already observed in other Swiss wetlands bordering on the lac of Neuchâtel: the pine forest ecosystem was present on more evolved soils characteristic of oak forest, whereas the vegetation was still typical of the pine forest (*Molinio-Pinetum*; CORNALI, 1997). The humus forms and the horizons successions that explained the best this case are the HISTOFORMS with tendency to drying up at the surface (HISTOFORM (*Drying up at the surface*) according to JABIOL *et al.*, 2013), so with drier histic sapric horizons at the surface than other less decomposed horizon present under them. We could expect that these humus forms are mostly present in zones that present vegetation changes. But it is not the case. Indeed, the degradation of the humus forms is more rapid than the vegetation, probably because of the drying up at the surface of the soil is sudden (short-term perturbation) (Figure 4.2.15). However, the vegetation can show some indications of future changes, as the apparition of mesophilous or xerophilous species, as grasses and graminoids. Thus, the vegetation seems to have not yet changed because the modifications of humus forms has been to rapid, but we cannot exclude that this vegetation will not be subjected to changes in the future. Furthermore, as we have no way to know if this humus forms was already present in 1974, we cannot excluded that this humus forms is characteristic of a stability, in particular in some drier types of vegetation of the alliances of *Calthion* and *Caricion fuscae*.

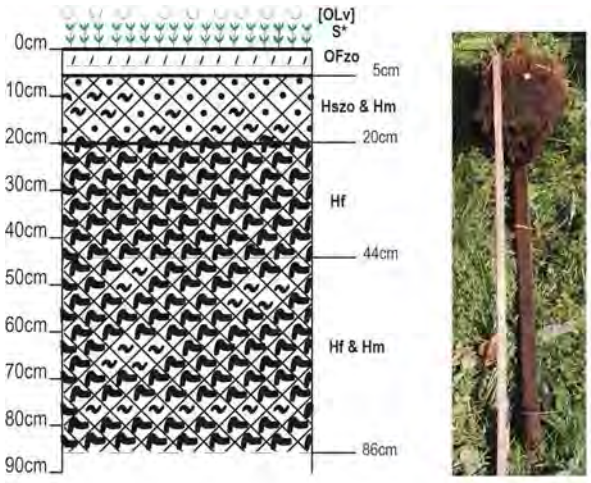


Figure 4.2.15: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 494, with Hszo horizon on the top (HISTOFORM with tendency to drying up at the surface, according to ZANELLA et al. (2011)).

The last case, which represents **relations where neither vegetation nor humus forms changed,** seems to indicate that these two actors are nowadays stable in form and in time (Figure 4.2.16). However, a change in the humus forms and/or in the vegetation cannot be excluded in the future if the current conditions prevailing in the sites are modified.

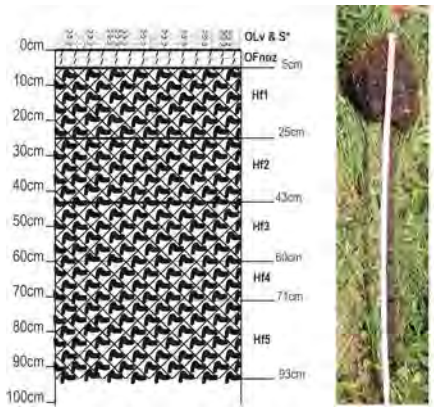


Figure 4.2.16: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 512, with Hf horizons (HISTOFORM according to ZANELLA et al. (2011)).

Potential explanations of vegetation dynamic in each alliance by using humus forms

Globally, the alliance of the *Molinion* is quite well conserved and stable in the study sites during the considered period (1974 – 2012), according to the criteria of the alliance level. This alliance, growing on soils poor in nutrients, is characterized by fluctuating water level (DELARZE & GONSETH, 2008), and thus mostly by humus forms composed by intermediate water regime as HYDROFORM, or HYDROFORMS with tendency TERROFORMS, or TERROFORMS (Figure 4.2.17). The huge proportion of the HYDROFORMS with tendency TERROFORMS can thus indicate that this humus form is typical of this alliance.

This stability of this alliance can be due to its huge presence in the site of Chapelle-des-Bois, which is since 1977 managed with mowing systems and autumnal pasturing. However, we cannot exclude that drier humus forms is a precursor signal of drying up in the future, notably in the Sentier's site with the observed increase of woody species resulting of land-use abandonment. Moreover, this drying up could be possible because of an increase of ecosystem's evapotranspiration resulting from this land-use abandonment (HORTON, 1973) and the presence of artificial drainage in the Sentier's site. Furthermore, as noted in the section 4.1, this alliance contains floristic changes that are important (because they were detected by Landolt values, cf. section 4.1), but not enough to cause alliance shift.

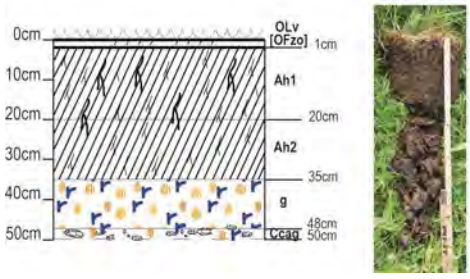


Figure 4.2.17: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 1115, with HYDROFORM with tendency TERROFORM according to ZANELLA et al. (2011).

Peaty humus forms, as HISTOFORMS, seemed to characterize globally the alliance of the *Caricion davallianae* (Figure 4.2.18). These environments can be relatively poor in nutrients (oligotrophic) but can also be mesotrophic (DELARZE & GONSETH, 2008). Globally, during the considered period, this alliance was rather stable. However, some alliance shifts were observed towards more nitrophilous alliances, as into *Calthion* and *Filipendulion*. These relevés/profiles were formerly pastured and/or mowed in 1974 (GALLANDAT, comm. pers.), but they were probably abandoned and enclosed since 1997 (management plan of the wetlands in the Vallée de Joux; LE COVÉ SA, 1995). These vegetation changes are characterized by humus forms presenting horizons probably richer in nutrients and typical of seasonal water fluctuations as EUHISTOANMOORS (Figure 4.2.19). This seems to indicate that the water-saturation was reduced and became more fluctuating: in summer, the evapotranspiration was increased because of the higher temperature and the higher density of species aboveground because of the land-use abandonment, which reduced the water level in the soil by an increased evapotranspiration (HORTON, 1973). Dry conditions appeared and enabled an efficient aerobic activity (fauna and microorganisms) and thus an important mineralization of the organic matter with high quantity of nutrient released (JABIOL *et al.*, 2007). This drying could also be accentuated by the presence of artificial drains in both sites of the Vallée de Joux. In the species composition, plant species of the *Caricion davallianae* tended to disappear or to be less abundant (*Carex davalliana*, *Parnassia palustris* and *Pinguicula vulgaris*) and plant species of the *Filipendulion* and *Calthion* appeared or had an increasing abundance (*Filipendula ulmaria*, *Galium mollugo* s.str., *Geum rivale, Caltha palustris*, *Cirsium rivulare* and *Ranunculus acris* subsp. *friesianus*).

These vegetation changes in the *Caricion davallianae* reflected an eutrophication, which can come from a change of water regime (more fluctuating and less saturating) as supposed by humus forms, causing by land-use abandonment and the increase of evapotranspiration (HORTON, 1973). Indeed, these relevés/profiles are situated currently in enclosed zones that were formerly pastured in 1974 (GALLANDAT, comm. pers.). Artificial drains could also reinforce the effect of the land-use changes and thus the drying up.

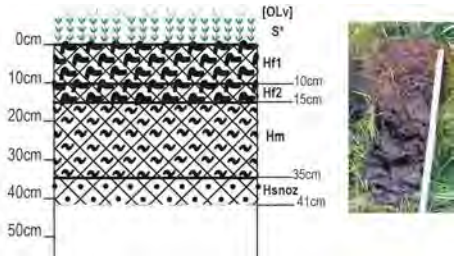


Figure 4.2.18: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 1351, with HISTOFORM according to ZANELLA et al. (2011).

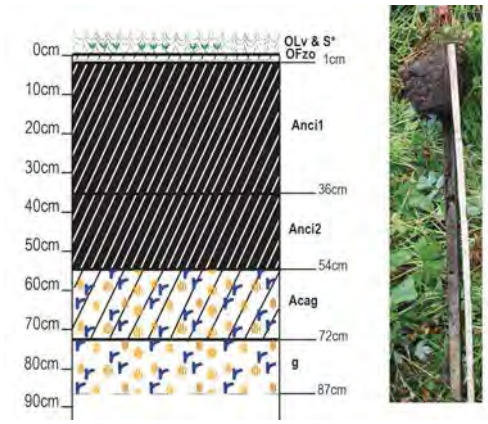


Figure 4.2.19: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 1646, with EUHISTOANMOOR (An / Ag) according to ZANELLA et al. (2011).

The acidophilous alliance of the *Caricion fuscae* seemed to be characterized by soils permanently water-saturated (cf. section 3.2), and thus are more characterized by peaty humus forms, HISTOFORMS (Figure 4.2.20). During the considered period, this alliance showed some floristic shifts, towards more nitrophilous alliance, as *Filipendulion*. These relevés/profiles revealed probably conditions richer in nutrients and are thus characterized by EUHISTOANMOORS (Figures 4.2.21 and 4.2.22). Indeed, the presence of an anmoor horizon above hydromorphic organo-mineral horizons (An / Ag) indicates that the water level in these soils is more fluctuating, especially in summer (ZANELLA *et al.*, 2011). Indeed, during this season, the upper horizons became drier resulting form an increased evapotranspiration (and more alkaline for the case presented in Figure 4.2.22), which enables the presence of soil fauna and thus an efficient organic matter degradation (humification and mineralization) and turnover (TOUTAIN, 1981; JABIOL *et al.*, 2007; GOBAT *et al.*, 2010). Consequently, more nutrients were released in the soil and probably present in this An horizon. Thus, nitrophilous, taller and more basophilous plant species appeared or were more abundant (as *Aconitum napellus* aggr., *Alchemilla vulgaris* aggr., *Filipendula ulmaria, Cirsium oleraceum* and *Valeriana officinalis*). Oligotrophilous and acidophilous species as *Calluna vulgaris*, *Viola palustris*, *Carex nigra*, *Potentilla palustris, Eriophorum vaginatum, Carex echinata* and *Eriophorum angustifolium* decreased in abundance or disappeared. These relevés/profiles were formerly pastured and/or mowed in 1974 (GALLANDAT, comm. pers.), but they were probably abandoned and enclosed since 1997 (management plan of the wetlands in the Vallée de Joux; LE COVÉ SA, 1995). Artificial drains are also present in this site (La Burtignière) and could also reinforce the effect of the land-use changes and thus the drying up.

In some cases, these HISTOFORMS are quite degraded at the surface in oxic conditions by the fauna and aerobic microorganisms and present typical and dry sapric horizons Hs, a degradation that results from a lower water level on the top of the soil (Figure 4.2.23). These particular HISTOFORMS demonstrate a trend to drier surface, but without causing yet vegetation changes. However, this cannot exclude vegetation changes in the future. Moreover, some indication of floristic modifications can already be detected in the floristic composition of these relevés/profiles, with the increased abundance or the appearance of mesophilous or xerophilous species (especially graminoids, i.e. *Helictotrichon pratense*, *Phleum pratense* s.str. and *Festuca pratensis* s.str.) and eutrophic or nitratophilous species (as *Polygonum bistorta* and *Filipendula ulmaria*). However, this case can also indicate a stability with the current vegetation, which is in fact drier than the other type of vegetation of this alliance (cf. section 3.4). We can also supposed that the pasture abandonment favour taller and mesotrophilous species with a better litter quality, that decrease the amount of available light aboveground and avoiding thus the growth of typical species of wetlands. As the litter quality is better, the organical matter decomposition is more efficient: Hm horizon are replaced by Hs horizons.

As for the *Caricion davallianae*, these vegetation changes reflected an eutrophication, which can come from a change of water regime (more fluctuating) as supposed by humus forms. This drying up resulted by the presence of artificial drains associated by land-use abandonment inducing an increase evapotranspiration (HORTON, 1973). Indeed, these relevés/profiles are currently enclosed whereas they were formerly pastured in 1974 (GALLANDAT, comm. pers.). Furthermore,

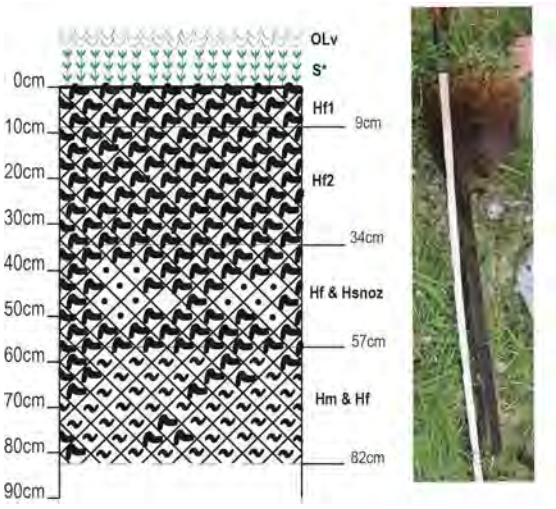


Figure 4.2.20: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 510, with HISTOFORM according to ZANELLA et al. (2011).

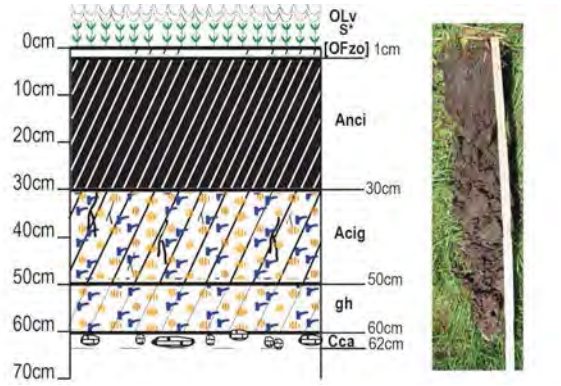


Figure 4.2.21: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 578, with EUHISTOANMOOR (An / Ag) according to ZANELLA et al. (2011).

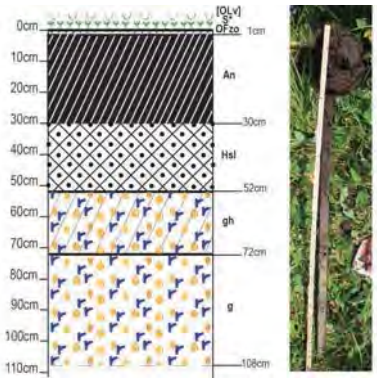


Figure 4.2.22: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 1573, with EUHISTOANMOOR (An / H) according to ZANELLA et al. (2011).

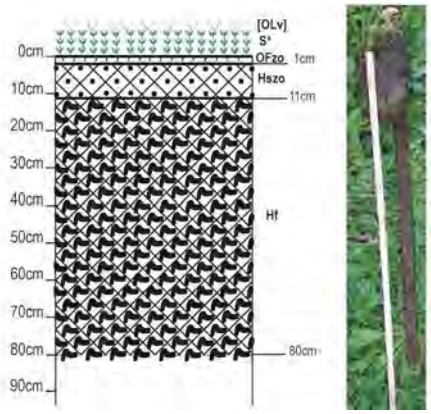


Figure 4.2.23: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 1572, with Hszo horizon on the top (HISTOFORM with tendency to drying up at the surface, according to ZANELLA et al. (2011)).

The *Calthion* is a nitrophilous alliance characterized by peaty – HISTOFORMS, HISTOFORMS with tendency to drying up at the surface – and non-peaty soils and humus forms as HYDROFORMS tending to TERROFORMS. During the considered period, some relevés/profiles that shifted into *Filipendulion,* are characterized by more fluctuating water level with alternating dry periods in summer and water saturation during rainfalls and spring as EUHISTOANMOOR, with An horizons, or An / H or An / Ag horizon successions (Figure 4.2.24), or by drier conditions from the soil surface as TERROFORMS, with A or Ah horizons. These settings enabled an efficient organic matter humification and mineralization, and thus a more important release of nutrients (TOUTAIN, 1981; JABIOL *et al.*, 2007; GOBAT *et al.*, 2010; ZANELLA *et al.*, 2011). These conditions favoured the increasing abundance of *Filipendulion* species, as *Filipendula ulmaria, Aconitum neomontanum* and *Valeriana officinalis*. These relevés/profiles were formerly pastured and/or mowed in 1974 (GALLANDAT, comm. pers.), but they were probably abandoned since 1997 (management plan of the wetlands in the Vallée de Joux; LE COVÉ SA, 1995) and they contains some artificial drains.

In some case detected by humus forms, the HISTOFORMS are quite degraded at the surface in oxic conditions by the fauna and aerobic microorganisms and present typical and dry sapric horizons Hs (Figure 4.2.25). As for the *Caricion fuscae*, these HISTOFORMS with tendency to drying up at the surface can demonstrate a trend to a drier surface, but without causing yet vegetation changes. We cannot exclude vegetation changes in the future. Some indications about floristic modifications can already be detected in the floristic composition of these relevés/profiles, with the increased abundance of mesophilous or xerophilous meadow species (as graminoids, i.e. *Festuca pratensis* s.str.). However, as this alliance needs a temporary drying up, the presence of this degraded histic horizons could also be perceived at the equilibrium (cf. section 3.4). Moreover, this humus forms is present under the drier vegetation type belonging of this alliance (cf. section 3.4).

The relevés/profiles that shifted into *Magnocaricion* are particular: normally this *Magnocaricion* alliance is characterized by more humid conditions than a *Calthion* (DELARZE & GONSETH, 2008). But here this is inconsistent with the drier humus forms: these relevés/profiles are characterized by HYDROFORMS tending TERROFORMS (with A or Ah / Ag horizons successions; Figure 4.2.26), presenting an aerated surface, which enables the presence of soil fauna and thus an efficient organic matter degradation (humification and mineralization) and nutrient release (TOUTAIN, 1981; JABIOL *et al.*, 2007; GOBAT *et al.*, 2010). Therefore, these humus forms could indicate that this alliance will change in the future: we can suppose that the soil is drying up without having up to now influenced the vegetation. A false relocalization of this relevé is therefore possible, but this bias may be reduced because of the carefully relocalization during the data selection. Only a future study at the same place with vegetation, soil and humus forms will allow to decide between these suppositions (or others).

These vegetation changes highlighted a change of water regime (drying up) caused by a mowing or pasturing abandonment, and probably reinforced by the presence of artificial drains. Indeed, in these case of cessation of agricultural practises, the evapotranspiration tend be increased (HORTON, 1973). Then, this evapotranspiration causes a modification of

the water regime and thus lead to a drier humus forms, probably richer in nutrient.

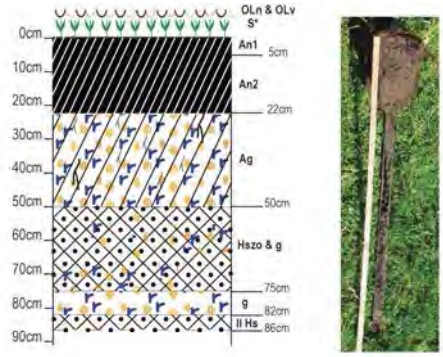


Figure 4.2.24: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 487, with EUHISTOANMOOR (An / Ag) according to ZANELLA et al. (2011). This case demonstrates also that this relevé/profile is subjected to flood and supplies form the stream nearby.

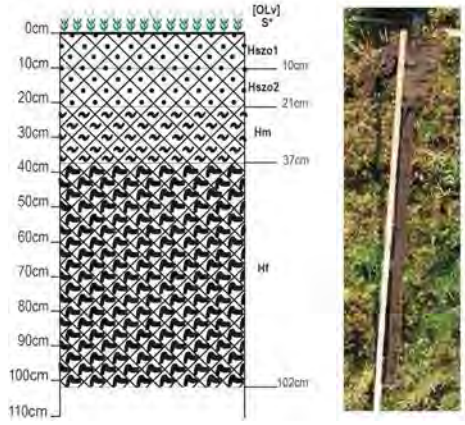


Figure 4.2.25: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 489, with Hszo horizon on the top (HISTOFORM with tendency to drying up at the surface, according to ZANELLA et al. (2011)).

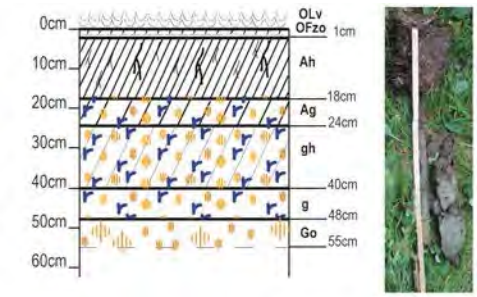


Figure 4.2.26: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 1565, with HYDROFORM with tendency TERROFORM according to ZANELLA et al. (2011).

The alliance of *Filipendulion* is stable and is characterized by wet soils (cf. section 3.4; DELARZE & GONSETH, 2008). Furthermore, this alliance is found on humus forms rich in nutrients, as EUHISTOANMOORS (with An, An / H or An / Ag horizons successions; Figure 4.2.27) and HYDROFORMS tending TERROFORMS (with A or Ah / Ag horizons successions). During the considered period, the relevés/profiles that shifted into the *Alliarion* are characterized by HYDROFORMS tending to TERROFORMS (Figure 4.2.28). These aerated surfaces that resulted probably from an increased evapotranspiration causing from land-use abandonment, favoured the apparition of *Alliarion* species and graminoids (*Galeopsis tetrahit*, *Urtica dioica*, and *Dactylis glomerata*) to the detriment to rich wet meadows as *Filipendula ulmaria*, *Valeriana officinalis* and *Galium mollugo* s.str.. These relevés/profiles were formerly pastured and/or mowed in 1974 (GALLANDAT, comm. pers.), but they were probably abandoned since 1997 (management plan of the wetlands in the Vallée de Joux; LE COVÉ SA, 1995). Furthermore, currently, a little pedestrian path separates the pastures and these non-used biotopes, and artificial drains are present nearby.

As for the Calthion, these vegetation changes highlighted a change of humus forms coming from a modification of the water regime (drying up) caused by an increase of the evapotranspiration of the vegetation induced by a mowing or pasturing abandonment (HORTON, 1973). Then, this evapotranspiration causes a modification of the water regime and thus lead to a drier humus forms. Indeed, in the study sites, this alliance is enclosed and neither pastured nor mowed, as it was the case in the 1970s. This drying up could be accentuated by the presence of artificial drains in the surroundings.

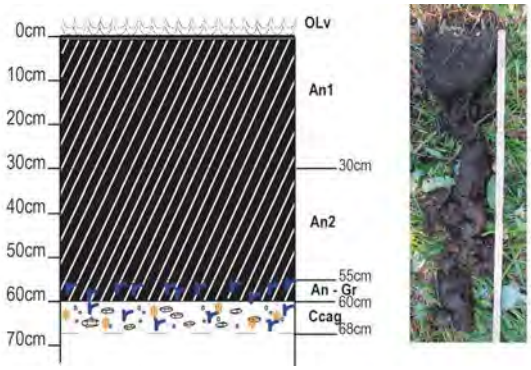


Figure 4.2.27: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 520, with EUHISTOANMMOR according to ZANELLA et al. (2011).

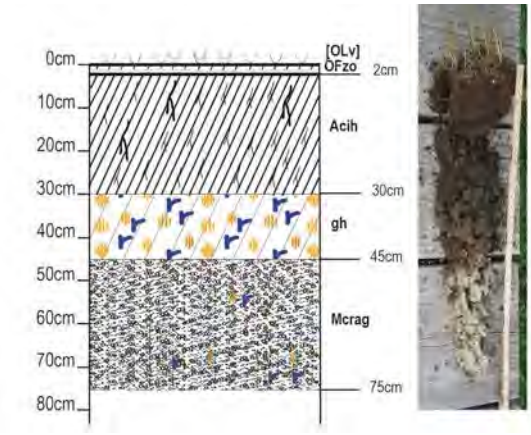


Figure 4.2.28: Schema of the soil and humus form of the relevé/profile 1659, with HYDROFORM with tendency TERROFORM according to ZANELLA et al. (2011).

4.2.5 Synthesis

The obtained results with the used criteria showed that humus forms seemed to provide some indications about causes of vegetation changes. As seen in the discussion, some cases are very relevant whereas other are less or not explanatory. The potential of using humus forms in wetlands seems to be important, as in other environments. However with this study, the results are not as well relevant and persuasive as the ones obtained by authors in other non-hydromorphic ecosystems, as the forests (BERNIER *et al.*, 1993 ; BERNIER & PONGE, 1993, 1994).

Admittedly, the results underline that, in such a study, the successions of horizons should be used in addition to the humus form REFERENCES. In contrast, the tendency of drying up for some studied wetlands highlighted with humus forms should be accepted or tread carefully: we cannot take a global view of this result. All discussions are only suppositions and should be validated by further studies. This comes from the fact that in this study, pioneer in wetlands, no “zero point” (or temporal reference) is available. Thus, even that seems that humus forms indicate ecological modifications thanks to the used criteria, as no data from GALLANDAT are available, we can be sure of when these modifications had occurred. Therefore, we cannot be sure that we have not interpreted changes that were already present in 1974 when GALLANDAT has made his relevés, which could consequently reconsider these obtained results. Furthermore, we must not lose sight of the fact that humus forms are not well-known in wet ecosystems. This study has allowed improving the existent knowledge. However, it is necessary to validate them in order to confirm or not the obtained results. Therefore, at present, in wetlands, there are to many obstacles (humus forms typology is not yet well known in wetlands; absence of temporal point for comparison) in order to assess edaphic causes of vegetation modifications: humus forms have probably a promising future in the detection of causes of vegetation changes, but it was not highlighted concretely in this study.

Generally, with this study we can suppose that the wet ecosystems are not drying up but are threatened by eutrophication (considering the results obtained by Landolt indicator values, cf. section 4.1). However, in some wetlands, indications of drying up provided by humus forms and caused by land-use changes (and resulted increased evapotranspiration) and drainage existence may refer to an increase of nutrient by mineralization’s increase, and consequently to an eutrophication. At the moment, we do not yet have sufficient experience and evidence in literature to validate these suppositions, the humus forms typology and their use in the detection of vegetation changes. Furthermore, this study does not allow distinguishing neither eutrophication in the humus form, nor the source of this eutrophication. Therefore, further studies are needed to confirm or not the obtained results and suppositions. For example, studies with isotopic dating could be realized in order to have an temporal indication of the appearance of the changes (BERNARD, 1996; RICHARD & VIGNOT, 2000). Moreover, in order to characterize an eutrophication in humus forms, measures of nutrients as P, N total by Kjeldahl method that allows having the N organic and N mineral, should be realized on the first horizons (LABORATOIRE SOL & VÉGÉTATION, 2007). Furthermore, thanks to the ratio C/N, we could have an indication of the rate of the decomposition, the total organic matter and the available nitrogen present in the concerned horizons (BRADY, 1990; LABORATOIRE SOL & VÉGÉTATION, 2007). The land-use abandonment is proved to affect the humus forms in alpine meadows and could be characterized by an increased C/N (SEEBER & SEEBER, 2005). Thus, a high C/N ratio signifies less effective organic matter decomposition and thus an increase of conserved organic matter, and could indicate land-use abandonment (SEEBER & SEEBER, 2005). An eutrophication by pasture could be detected by high rate of nutrients (as N organic and P for example). This could consequently allow validating or not the observations and suppositions made on the relations between the humus forms and the causes of vegetation changes.

In addition to the necessity of having a reference point to compare the evolution of humus forms, this study highlighted some points that are thought to have a negligible impact on the humus forms and thus on the obtained results:

(1) To be sure that the relevés were correctly relocalized and thus realized at the same place than the old inventory is important to minimize the bias of false suppositions or results. In this study, all possible precautions were taken, and we can consider that the bias and their possible effects on the results are minimised.

(2) Furthermore, we must remember that the vegetation changes in this study were fixed at the level alliance, which is a major change. Some other vegetation change could have been detected at an inferior level. Moreover, as it was seen in this study and in the previous section (cf. section 4.1), some changes of species occurred but without causing yet an alliance’s shift. The detection of these changed species is important to have a characterization and the intensity of the global change. It also allows making suppositions about the future vegetation characteristics and dynamics in an ecosystem. This was also seen in alluvial environments (GALLANDAT *et al.*, 1993).

In addition to these species changes, some other changes could have an impact on the humus forms while they cannot be detected quantitatively by phytosociological relevés, as the plant production (or plant biomass production) or phenology and as the fauna biomass. An increase of plant biomass production and litter accumulation should have an influence on the humus forms because it impacts the nutrient cycle (BROLL *et al.*, 2002; PONGE, 2003). According to the suppositions of PONGE (2003), the more active humus forms (mull) seems

to be found on more productive and more diversified ecosystems because of a rapid and efficient nutrient cycle or turnover, whereas less diversified and less productive environments are probably more characterized by more conserved nutrient and thus a less efficient nutrient cycle. The same suppositions were proven by experimental studies with faunal diversity: the faunal and microbial biomass and diversity have a positive impact on the nitrogen turnover (VEDDER *et al.*, 1996). Therefore, it could be interesting to include these questions of vegetal, faunal and microbial biomass in order to see their impact on the humus forms and thus on the vegetation dynamics.

(3) Moreover, the intensity of the modifications has probably an impact on the humus forms, with sudden perturbations (short term) or constraints (long-term). In this study, suppositions were made on this subject: in some cases, humus forms seem to have impacted a rapid change before a vegetation change. In these cases, the vegetation was not able to respond rapidly to these sudden modifications.
This third point highlights an important aspect about the compared evolution of the soils and of the vegetation: which one has a more rapid evolution? And do the different humus forms described in this study evolve in the same way and in the same speed? Was a humus form able to evolve rapidly since GALLANDAT in 1974? This study is not able to respond to these questions, because of this lack of temporal reference ("zero point"). However, in consistency with the literature, we can respond that globally the evolution of the soils is slower than the vegetation (JENNY, 1994; HUGGETT, 1998; GOBAT *et al.*, 2010). Concerning the humus forms, as we have seen in this present study, we can probably say that their evolution can be different than the vegetation under certain conditions, and for example be faster. This case, contrary to the general rule presented above in which soil's evolution is slower than the vegetation's evolution, has also been proved in pine forests on the south bank of the lake of Neuchâtel in Switzerland with irrefutable scientific evidences linked to biogeochemical cycle (CORNALI, 1997, 1999): the pine forest has already a functioning of a oak forest whereas that phytosociologically it was still characteristic of the pine forest (*Molinio-Pinetum*).

4.2.6 Conclusion

The use of humus forms in the detection of vegetation changes depends on many criteria. Especially, a temporal reference or "zero point" is necessary to interpret correctly the humus forms changes in relation to the vegetation changes. Indeed, the absence of temporal reference, as it was the case for this study, does not prevent making suppositions about causes of vegetation changes, but prevents making anything else than suppositions. Furthermore, the fact that this study is pioneer in wetlands (thus with only few literature on this subject and/or on humus forms descriptions in wet zones) makes the validation even more necessary.

Globally, humus forms, and particularly their horizons successions and REFERENCE name, seem to be a part of useful tools for detecting vegetation dynamics in wetlands. Indeed, based on these suppositions and these field observations, the use of humus forms in the detection of vegetation change seems to be promising. In fact, using humus forms in a vegetation change study seems allowing to have a better understanding of these changes processes and can be useful order to propose some management measures in order to maintain these wet ecosystems but also other environments. However, humus forms do not seem to be able to explain all changes. More precisely, as seen in this study, it seems that a maximum causes of vegetation changes are detected by using Landolt indicator values in addition to humus forms. Indeed, in this study, using humus forms in addition to Landolt indicator values could provide other sources of eutrophication that were not detected by Landolt values in the section 4.1, as **a tendency of drying up in some wetlands causing especially by human activities (as land-use abandonment, which causes an increased evapotranspiration (HORTON, 1973)). The existence of drainage in two sites (La Burtignière and Sentier) can also accentuate this drying up.**
At present, in wetlands, humus forms are not yet well known in order to assess concretely edaphic causes of vegetation modifications. Indeed, even that the method used here to detect causes of vegetation changes seems to be effective in wetlands, it should be validate with further studies. Currently, vegetation should be use to understand the changes in humus forms.

CHAPITRE 5

DISCUSSION GENERALE, LIMITES ET PERSPECTIVES

Ce chapitre rappelle les objectifs et différents résultats obtenus lors de ce travail. Chaque objectif de départ est repris et discuté. Puis, les limites et quelques perspectives en vue de futures recherches sont suggérées.

5 DISCUSSION GÉNÉRALE, LIMITES ET PERSPECTIVES

5.1 Discussion générale

5.1.1 Description actuelle des milieux humides présents dans l'ensemble des sites étudiés (approche synchronique)

Cette partie avait pour objectifs de décrire les types de végétation, les sols et les formes d'humus actuels présents dans les sites étudiés, ainsi que les relations existant entre les types de végétation, les sols et les formes d'humus.

Une approche synchronique apporte de nombreuses informations sur un écosystème. Dans cette étude, elle a permis :

- une meilleure compréhension des types de végétation (section 3.1), de sols (section 3.2) et de formes d'humus (section 3.3) présents dans les sites d'étude, ainsi que de leur répartition sur les sites d'étude, leur écologie et leur fonctionnement ;
- de détecter des événements particuliers, mettant en évidence par exemple des modifications écologiques ou fonctionnelles (sections 3.2, 3.3 et 3.4) ;
- grâce aux formes d'humus, de faire des suppositions concernant l'état de conservation et la stabilité, ainsi que la dynamique d'un milieu. Dans cette approche, les formes d'humus peuvent représenter un état stable de la végétation mais peuvent également indiquer un changement en cours dans la dynamique des milieux (section 3.4). Les listes floristiques permettent également de faire quelques suppositions sur la dynamique du milieu (section 3.1).

Sols

Les sites étudiés comportent une grande diversité de sols qui diffèrent prioritairement les uns des autres par leur **intensité d'engorgement** (niveau de nappe, amplitude des battements), qui, elle, est complètement liée à la situation topographique (en pente ou non par exemple), ainsi que par la texture et la structure des horizons du sol (présence d'argiles par exemple qui bloquent l'eau dans le sol en formant une structure imperméable et massive) (Figure 5.1). Ainsi, sur l'ensemble des sites étudiés, on retrouve des sols classiques hydromorphes présents dans des zones concaves, à l'intérieur de hauts-marais, en bordure de rivières, de ruisseaux, de lacs ou de tourbière. Ces sols hydromorphes peuvent être composés majoritairement de matière organique plus ou moins décomposée comme les histosols, ou alors être des sols minéraux comme les réductisols et les RÉDOXISOLS. Ces sols minéraux peuvent parfois être riches en matière organique à cause des conditions anoxiques qui bloquent l'activité biologique et donc la dégradation de cette matière organique, provoquant ainsi son accumulation dans le profil. Des sols secs non hydromorphes (CALCISOLS et CALCOSOLS) sont également présents, notamment dans les zones de pâturages en pente ou sur des buttes, donc dans des zones soumises à l'érosion. Par ailleurs, des sols composés des deux caractéristiques, hydromorphe et non hydromorphe (CALCOSOL – RÉDOXISOL, RENDOSOL – RÉDOXISOL et RENDISOL – RÉDOXISOL) sont également présents et sont composés d'horizons filtrants en surface et d'horizons plus imperméables en profondeur. Des sols particuliers et dont on est sûr qu'ils ont subi des événements particuliers grâce aux critères utilisés (cf. paragraphe 5.1.4), les sols superposés, ont également été observés. De par le positionnement et l'épaisseur des horizons dans le profil, on peut supposer que ces modifications (comme des dépôts de particules minérales sur quelques zones tourbeuses présentes dans les sites étudiés aux alentours des hauts-marais et des rivières ou ruisseaux) ont probablement eu lieu dans un lointain passé, peut-être durant le Petit Age Glaciaire. Cependant, actuellement, on n'a aucun moyen de vérifier ceci puisqu'il n'y a dans cette étude aucune échelle de temps pour les dater (cf. paragraphe 5.1.3).

Formes d'humus

Un grand nombre de formes d'humus différentes appartenant aux formes d'humus « classiques » terrestres et semi-terrestres selon la classification de ZANELLA *et al.* (2011) sont présentes dans les sites étudiés (Figure 5.2). Toutes peuvent être classées selon un gradient de vitesse de biodégradation et turnover de la matière organique, soit, de la plus faible à la plus élevée : MORS (caractérisés dans les sites étudiés par des HISTOMORS, EPIHISTOMORS), MODERS (TERROMODERS, HISTOMODERS), AMPHIS (HISTOAMPHIS), MULLS (TERROMULLS, HYDROMULLS) et ANMOORS (HISTOANMOORS). Cette vitesse et cette efficacité de la dégradation de la matière organique sont complètement dépendantes de **la saturation en eau et du pH**. Les TERROFORMES (TERROFORMS selon JABIOL *et al.* (2013)) sont présentes dans des pâturages ou des prairies en légère pente, secs et basiques. Dans ces cas, l'absence d'eau et le pH relativement élevé permettent une activité optimale de la faune et donc une biodégradation de la litière ainsi qu'un turnover de la

matière organique efficace et rapide. De plus, une litière améliorante et riche permet une dégradation rapide de la matière organique ainsi qu'un recyclage rapide dans le sol des nutriments qu'elle contient. Ces nutriments sont mis à disposition rapidement de la végétation, ce qui permet à cette dernière de croître et de se développer pleinement. Ce feedback positif est très efficace (TOUTAIN, 1981 ; PONGE, 2013). Les HYDROFORMES (*Stagnic* TERROFORMS selon JABIOL *et al.* (2013)) sont situées dans des prairies en légère pente et sont en contact avec l'eau d'une nappe qui fluctue périodiquement jusqu'à atteindre la surface lors de grandes quantités de précipitations. L'EPIHISTOFORME (*Epihistic* HISTOFORM selon JABIOL *et al.* (2013)) est caractérisée par des horizons histiques ainsi que des horizons organo-minéraux, étant donné qu'une partie du profil est saturée en eau et que l'autre se situe hors de l'eau.

Les HISTOFORMES (HISTOFORMS selon JABIOL *et al.* (2013)) se déclinent en HISTOMORS, HISTOMODERS, HISTOAMPHIS et HISTOANMOORS, selon un gradient de dégradation de la matière organique croissant. Les HISTOMORS sont présents dans des marais tremblants acidophiles, ainsi qu'à l'intérieur de bas- et de hauts-marais. Les conditions qui y règnent sont acides et très humides, empêchant la dégradation de la matière organique. Les HISTOMODERS sont présents dans des zones un peu moins acides (pâturages, bordure de l'Orbe, à l'intérieur ou en périphérie de bas-marais entourant des hauts-marais, prairies fauchées), dans lesquelles la saturation en eau est encore importante. L'HISTOAMPHI est présent en bordure de haut-marais. Il est caractérisé par un double fonctionnement biologique, avec une surface peu décomposée à cause de la présence de l'épais tapis de mousses qui retient l'eau, suivie d'horizons décomposés. Les HISTOANMOORS, très présents dans les sites étudiés, sont situés notamment à l'intérieur ou en bordure de bas-marais entourant des hauts-marais, et/ou en bordure de l'Orbe, c'est-à-dire dans des zones où les conditions environnementales (nappes basses ou inexistantes, pH plus élevé) permettent une forte activité et efficacité des organismes aérobies. Ils sont caractérisés par une dégradation importante de la matière organique par la faune et/ou des micro-organismes, notamment lors des périodes sèches.

Des formes d'humus, possédant des successions d'horizons témoignant d'une rupture illogique dans le fonctionnement du profil ainsi que dans sa morphologie ont également été observées. Ceci laisse entrevoir des modifications en cours et/ou dans le passé (selon le positionnement et l'épaisseur des horizons concernés), avec notamment les HISTOFORMES à tendance à l'assèchement en surface (HISTOFORMS (*Drying up at the surface*) selon JABIOL *et al.* (2013)), les HYDROFORMES à tendance TERROFORMES (*Stagnic* TERROFORMS (*Drying up at the surface*) selon JABIOL *et al.* (2013)), ainsi que les formes superposées (Figure 5.2). Les deux premières formes d'humus sont présentes en bordure de l'Orbe ainsi qu'à l'intérieur et/ou en bordure de bas-marais entourant des hauts-marais pour les HISTOFORMES à tendance à l'assèchement en surface, et en bordure de l'Orbe et/ou dans des prairies en bordure de lac pour les HYDROFORMES à tendance TERROFORMES. Ces deux types de formes d'humus peuvent indiquer un assèchement en surface, puisque l'eau ne semble pas pouvoir atteindre la surface. Les formes d'humus superposées, situées en bordure de l'Orbe, et à l'intérieur ou en bordure de bas-marais entourant des hauts-marais, quant à elles, indiquent un recouvrement des horizons histiques par des particules minérales, ce qui correspond à un changement de fonctionnement de la forme d'humus qui a peut-être eu lieu durant le Petit Age Glaciaire. Ces zones ont donc subi à un moment donné, une évolution allant vers une dégradation des milieux tourbeux.

Cette approche fondée sur les formes d'humus a ainsi permis de montrer que quelques zones présentes en bordure de hauts-marais se sont détériorées et se détériorent à cause de conditions moins favorables à la conservation de la matière organique (par assèchement, apport de minéral, dégradation de matière organique et/ou déconnexion de la nappe), laissant probablement place sur le long terme à une autre flore. Globalement, utilisées dans une étude synchronique identifiant le fonctionnement actuel d'un écosystème (étude des relations sol-végétation), les formes d'humus semblent être des outils qui permettent également de détecter ou non de nombreux changements passés, commencés ou futurs dans son fonctionnement. Contenant beaucoup d'informations sur les conditions actuelles et passées d'un écosystème, les formes d'humus semblent donc être des outils importants à utiliser dans la gestion de ces milieux humides, à développer et à prendre idéalement en compte dans n'importe quelle étude d'impact ou de gestion. Bien sûr, les résultats de cette thèse devront être validés. Même si les perturbations observées par les formes d'humus semblent être réelles de par les critères utilisés (cf. paragraphe 5.1.4), on a ici aucun moyen de dire quand elles ont eu lieu puisqu'il n'y a, comme pour les sols précédemment, aucun point zéro (cf. paragraphe 5.1.3). Ainsi, seule une étude effectuée dans le futur aux mêmes endroits permettra de lever les doutes et affirmer ou non les suppositions faites sur ces modifications.

Végétation : écologie, liens avec formes d'humus et sols, et menaces

L'ensemble des sites étudiés contient de grandes surfaces de végétation de milieux humides. Cette végétation est fortement influencée par le fonctionnement du sol et de la forme d'humus, et notamment par le **régime hydrique** (qui lui dépend de la pluviosité, de la minéralogie et des caractéristiques du substrat géologique, de la présence de lacs ou rivières, de la texture des horizons du sol, de la géomorphologie, et également du bétail), par la **chimie de cette eau** (**teneurs en carbonates**, dus au substrat géologique

Figure 5.1 : Résumé des types de sols présents dans les marais des sites étudiés, selon un gradient allant de très humide à sec.

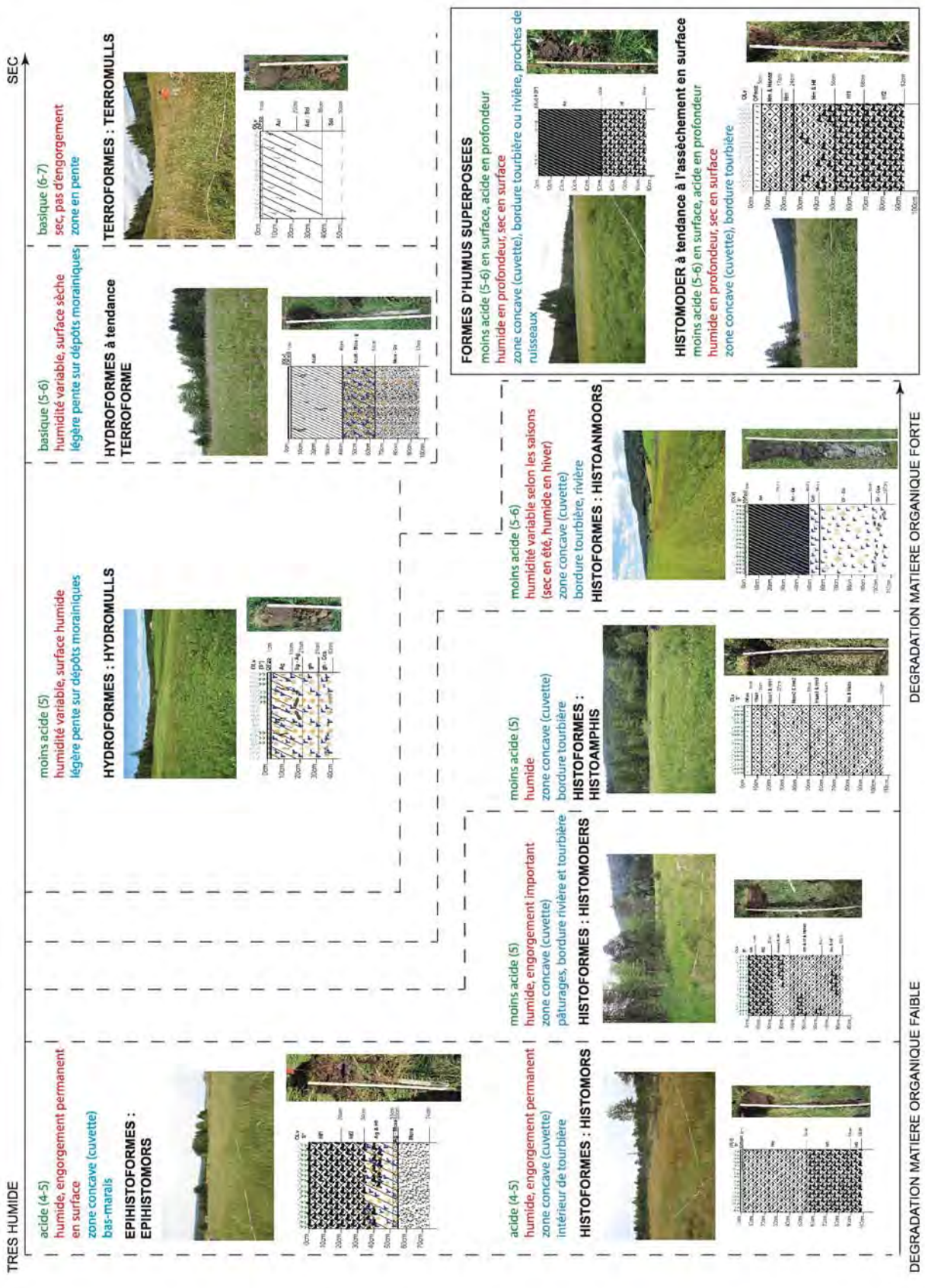


Figure 5.2 : Résumé des types de formes d'humus selon la clé de ZANELLA et al. (2011) présents dans les marais des sites étudiés, selon un gradient allant de très humide à sec. Les correspondances avec la nomenclature de JABIOL et al. (2013) peuvent être trouvées dans le texte du paragraphe 5.1.1 intitulé « Formes d'humus ».

carbonaté) ainsi que par le **bétail**. Ces facteurs influencent le **pH ainsi que les teneurs en nutriments** présents dans le sol et disponibles pour les plantes. En effet, dans des milieux saturés en eau, l'anoxie limite fortement la présence d'organismes aérobies décomposeurs et contraint donc la dégradation de la matière organique (humification et minéralisation secondaire). Des bactéries anaérobies sont présentes dans ces conditions anoxiques, mais ont une efficacité moindre (JABIOL *et al.*, 2007 ; GOBAT *et al.*, 2010). Dans ces cas, le taux de nutriments mis à disposition des plantes est donc moindre. Il en va de même dans des sols contenant des carbonates ou étant décarbonatés : la présence d'ions Ca^{2+} bloque ou ralentit la minéralisation secondaire de la matière organique, et donc diminue la quantité de nutriments disponibles pour les plantes (JABIOL *et al.*, 2007 ; GOBAT *et al.*, 2010). Les sols sont ainsi très riches en matière organique humifiée et plutôt basiques. Ceci confirme le fait que la plupart des sols saturés en eau ou contenant des carbonates (ou ayant été décarbonatés) ont en dessus une végétation plutôt oligotrophile. Ainsi, la végétation eutrophe trouvée sur des sols contenant beaucoup d'ions Ca^{2+} est vraisemblablement favorisée par des apports en nutriments provenant d'autres sources (bétail, ou pâturages).

Sur l'ensemble des sites étudiés, sur un gradient du plus humide au plus sec, on trouve des hauts-marais avec marais de transition (*Rhynchosporion*), entourés de bas-marais (*Caricion davallianae* et *Caricion fuscae*) et de prairies humides (*Molinion, Calthion* et *Filipendulion*). Des marais à grandes laîches (*Magnocaricion*), composés de peuplements presque purs de *Carex rostrata* ou de *Carex acutiformis*, sont également présents ici et là. Des ourlets forestiers de type *Alliarion* sont trouvés en bordure de prairie ou de pâturage dans des conditions un peu plus sèches. Tous ces milieux sont entourés de vastes zones agricoles, notamment de pâturages, ainsi que de forêts, et sont interconnectés dynamiquement et fonctionnellement, permettant ainsi le maintien de la diversité fonctionnelle et biologique dans le paysage (GALLANDAT, 1982 ; GOBAT, 1984 ; Figure 5.3). De plus, il est également important de mentionner que ce paysage actuel diversifié a certainement été fortement influencé et façonné par différents processus qui sont intervenus de façon marquée durant le Petit Age Glaciaire. En effet, durant cette longue période, le climat rigoureux et humide (PFISTER, 1985) à favorisé les inondations et les crues, et par conséquent les processus d'érosion, d'alluvionnement et de colluvionnement. Ceux-ci ont à leur tour joué un rôle primordial par exemple sur la formation et la destruction des méandres et des pentes.

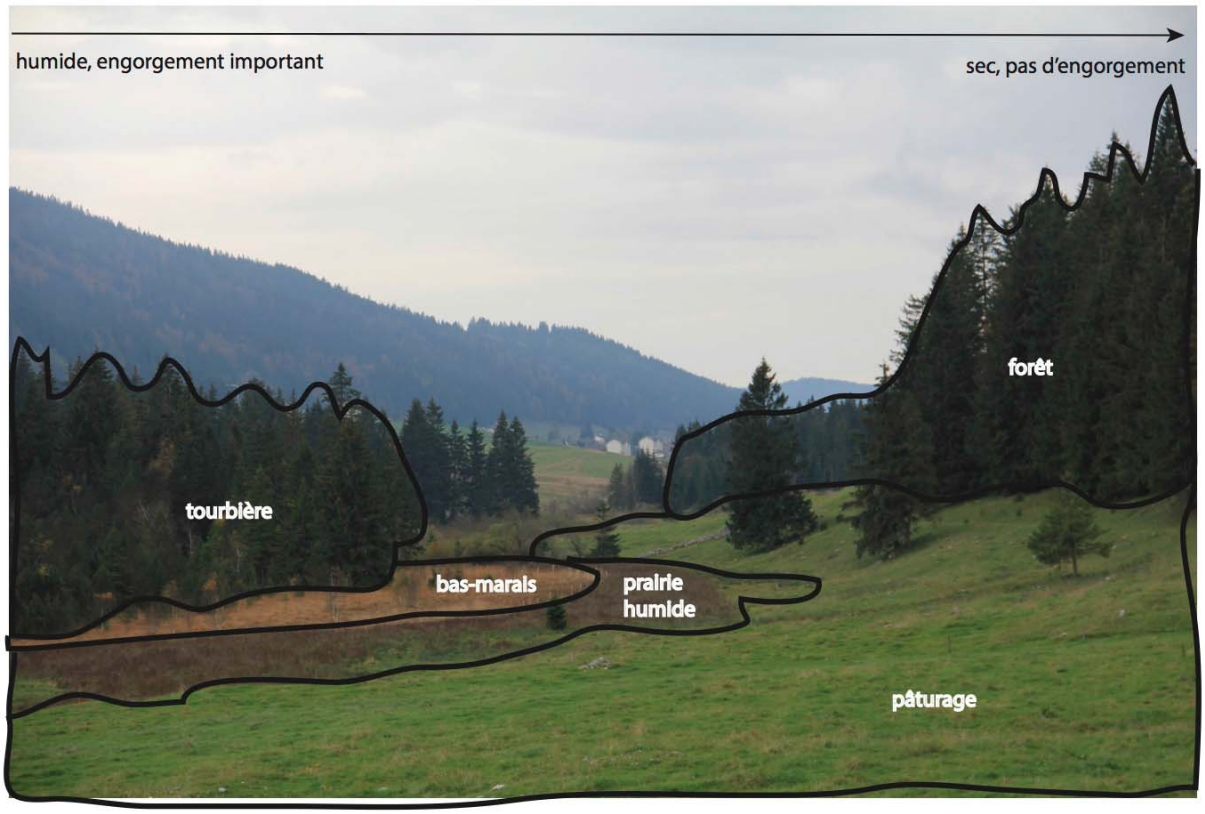


Figure 5.3 : Aperçu de quelques grands types de milieux présents autour d'un haut-marais (nommé tourbière sur la photo), situé à La Burtignière, jusqu'au pâturage et la forêt.

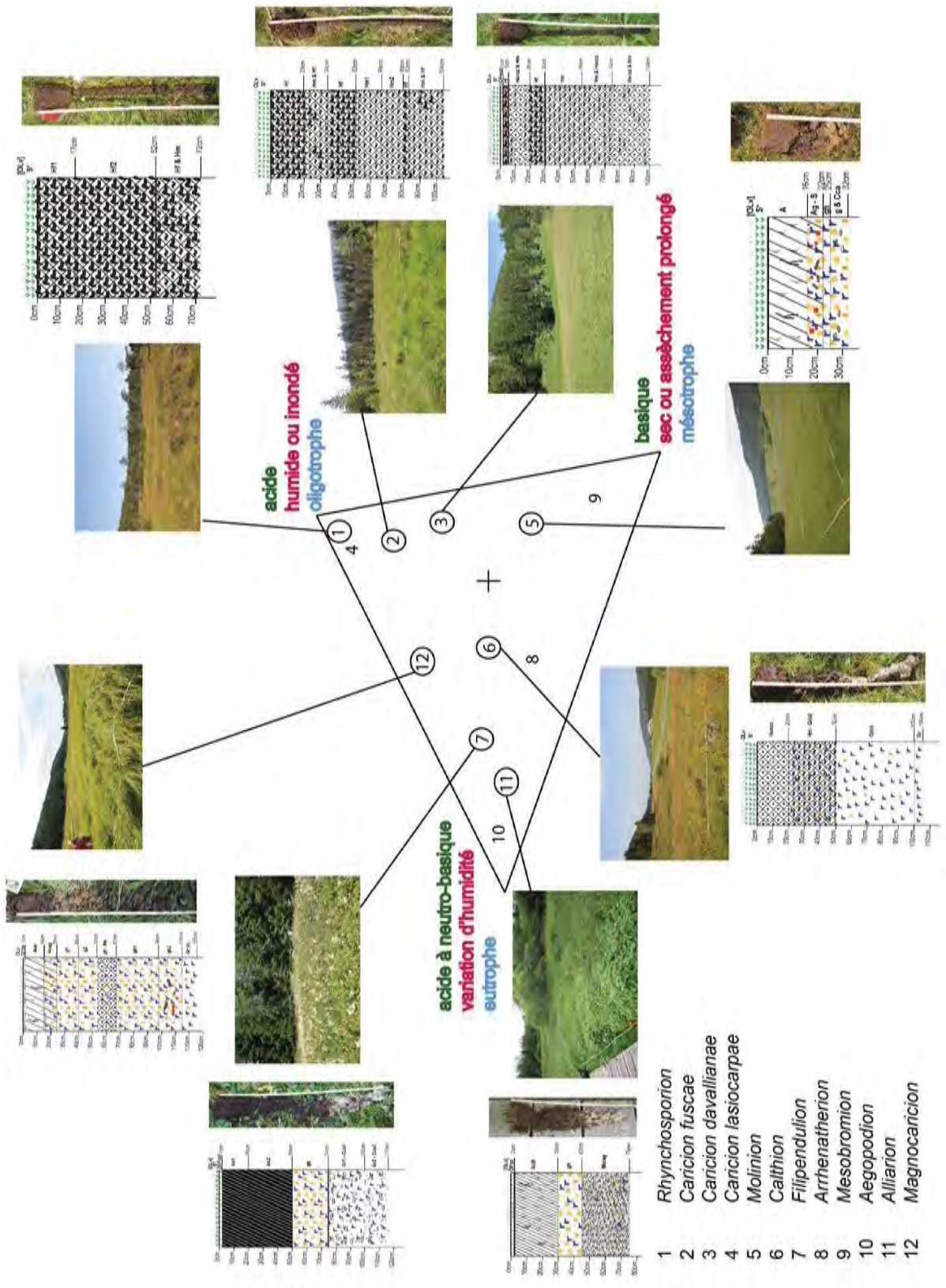


Figure 5.4 : Résumé des types de végétation présents dans les marais des sites étudiés (chiffres encerclés). Cette végétation est répartie selon le pH, le taux de nutriments et l'humidité. Tiré et adapté de GALLANDAT (1982). Les autres alliances sont tirées de GALLANDAT (1982) et figurent ici à titre informatif. Un profil représentant une forme d'humus ainsi qu'un sol caractéristique de chaque type de végétation est également présent.

Les marais de transition oligotrophes de type *Rhynchosporion* sont peu fréquents et occupent de très petites surfaces localisées dans les gouilles acides et saturées en eau des hauts-marais (Figure 5.4). Alimentés par les précipitations, ils sont caractérisés par des sols et formes d'humus organiques de type histosol à HISTOFORME. Ces formes d'humus indiquent que ce milieu semble stable actuellement avec croissance de tourbe. Par contre, une modification du régime hydrique (notamment assèchement) et de la chimie d'eau (apport d'eau plus basique et riche en nutriments) peut avoir de graves conséquences sur le maintien de ce type de végétation oligotrophile (DELARZE & GONSETH, 2008).

Le bas-marais acidophile (*Caricion fuscae*) est un milieu peu présent dans le Jura, situé seulement en bordure des hauts-marais dans les zones de suintements acides (Figures 5.3 et 5.4). Ce milieu, alimenté à la fois par les précipitations et des suintements, est caractérisé par des sols et des formes d'humus organiques, de type histosol à HISTOFORME, saturés en eau de façon permanente parfois jusqu'en surface et acide. La présence d'HISTOFORMES avec tendance à l'assèchement en surface (HISTOFORM (*Drying up at the surface*) selon JABIOL *et al.* (2013)), peut, comme cela l'a été dit dans la section 3.4, représenter plusieurs choses, dont il est impossible de trancher à l'heure actuelle, puisqu'il n'y a aucun moyen de savoir si cette forme d'humus existait déjà par le passé et avec quelle végétation : (1) elle peut caractériser les conditions actuelles du milieu concerné, puisque cette sous-association semble être plus mésophile que les autres sous-associations de bas-marais acidophiles étudiés, du fait de la grande proportion de graminées. (2) La présence de ces horizons histiques sapriques en surface plus secs que les autres horizons moins décomposés situés plus en profondeur ainsi que la présence d'espèces de milieux plus eutrophes telles que *Filipendula ulmaria* ou *Polygonum bistorta* peut aussi être un signe précurseur d'une future modification de ce milieu, indiquant ainsi que cette alliance est menacée sur les sites d'étude. En effet, comme pour l'alliance précédente, une modification du régime hydrique, allant vers un assèchement plus conséquent des milieux (dû par exemple à des changements du régime hydrique, avec fluctuations plus importantes des nappes, ou fluctuations saisonnières, ou alors dû à des déprises agricoles qui provoquent une augmentation d'évapotranspiration et donc un assèchement (HORTON, 1973)), et de la chimie d'eau (apport d'eau plus basique et riche en nutriments), peut provoquer des modifications dans la composition floristique et la biodiversité de ce milieu (DELARZE & GONSETH, 2008).

Les bas-marais neutro-alcalins (*Caricion davallianae*) sont plus abondants dans le Jura et sont situés dans des zones de suintements calcaires, sur des sols hydromorphes tourbeux ou minéraux à nappe temporaire ou permanente. Cette alliance peut être plus ou moins riche en nutriments (DELARZE & GONSETH, 2008 ; Figure 5.4). Elle peut se maintenir dans des zones à humidité variable ainsi que dans des zones saturées en eau, d'où la présence de formes d'humus de type HISTOFORME (HISTOFORM selon JABIOL *et al.* (2013)), EUHISTOANMOOR (EUANMOOR selon JABIOL *et al.* (2013)) et EPIHISTOANMOOR (*Epihistic* HISTOFORM selon JABIOL *et al.* (2013)). Dans ces milieux, la présence d'horizons très riches en matière organique peu transformée à la surface des sols indiquent que les nappes sont plus fluctuantes (plus grande proportion durant l'année d'alternance de conditions oxiques et anoxiques), et ceci, même durant l'été (GAIFFE 1978). La présence de formes d'humus sèches en surface (HYDROFORMES à tendance TERROFORMES (*Stagnic* TERROFORMS (*Drying up at the surface*) selon JABIOL *et al.* (2013))), ou synonymes de conditions de régime hydrique fluctuant saisonnièrement, peuvent représenter plusieurs choses actuellement :

(1) Comme cette alliance semble supporter un léger assèchement de type saisonnier, d'où la présence de cette alliance dans des conditions de régimes hydriques variés, il se peut que ces horizons plus secs soient en équilibre actuellement avec ce milieu. A l'inverse, cette alliance ne semble pas apprécier un assèchement sur le long-terme (DELARZE & GONSETH, 2008). (2) Ces formes d'humus plus sèches en surface peuvent représenter une modification semblant être en cours, particulièrement dans le *Primulo-Schoenetum*, qui présente peut-être un signe d'un début d'assèchement. Ce milieu peut être menacé à l'avenir par un assèchement (notamment à cause des canaux de drainages et de la prolifération d'espèces ligneuses sur le site du Sentier, ainsi que par l'absence de fauche qui peut provoquer une augmentation de l'évapotranspiration et donc du niveau d'eau dans le sol), qui se traduira par conséquent par une augmentation de nutriments relâchés et donc un changement de la composition floristique de ce milieu. Cette supposition confirme le fait que cette alliance est très sensible au drainage (DELARZE & GONSETH, 2008).

Les prairies oligotrophes, non amendées et à humidité variable (alliance du *Molinion*), sont trouvées sur des cordons morainiques ou en pente, sur le site du Sentier (*Trollio-Molinietum silaetosum*, en contact avec le *Primulo-Schoenetum*) et sur le site de Chapelle-des-Bois (*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*). Ces prairies sont caractérisées par des sols minéraux hydromorphes à humidité variable, supportant un assèchement en surface (formes d'humus de type HYDROFORMES (*Stagnic* TERROFORMS selon JABIOL *et al.* (2013)) ou HYDROFORMES à tendance TERROFORMES et TERROFORMES (TERROFORMS selon JABIOL *et al.* (2013)) ; Figure 5.4). Ce milieu supporte donc des périodes d'inondations temporaires et des périodes plus sèches (DELARZE & GONSETH, 2008). Les nappes s'abaissent rapidement au printemps pour atteindre un niveau bas et stable durant l'été. Ces conditions sèches et donc oxiques sur une longue période permettent ainsi le développement de sol caractérisé par une incorporation efficace de la matière organique (GAIFFE 1978). Les formes d'humus HYDROFORMES à tendance TERROFORMES et TERROFORMES semblent donc indiquer un

état exceptionnellement stable. Cependant, comme ceci est supposé, il est nécessaire de ne pas exclure que la présence de ce type de forme d'humus, additionnée à celle des espèces méso- voire xérophiles se développant sur des sols plus secs (*Bromus erectus* s.str., *Phyteuma spicatum*, *Viola hirta* et *Veronica chamaedrys*), puisse également annoncer un futur assèchement de ce milieu, notamment sur le site du Sentier. En effet, comme ces milieux sont complètement dépendants de l'homme et de ses activités agricoles (Bailly *et al.*, 2007 ; Guyonneau, 2010), la déprise observée sur ce site semble avoir provoqué un embuissonnement important dans la sous-association *silaetosum*, avec la croissance de nombreux ligneux (*Betula pubescens, Salix repens* et *Picea abies*) qui peuvent à long terme provoquer un assèchement et une modification du milieu. Ainsi, on ne peut pas exclure que ces formes d'humus observées soient également des indices d'un assèchement provoqué par cette déprise agricole. En effet, un abandon des pratiques agricoles est susceptible de provoquer une évapotranspiration plus importante et donc un assèchement en surface (Horton, 1973), qui peut ensuite se traduire par une eutrophisation et une banalisation du milieu. Les types de végétation sur le Chapelle-des-Bois semblent aujourd'hui préservés, mais peuvent être menacées en cas d'arrêt ou de modifications des pratiques agricoles, qui provoquera certainement des changements de composition floristique ainsi qu'une banalisation de la flore.

Le *Calthion* regroupe les prairies inondables et les pâturages détrempés, des milieux qui sont encore utilisés ou non aujourd'hui par l'agriculture (Figure 5.4). Ces milieux plutôt riches en nutriments sont situés en périphérie des bas-marais entourant les hauts-marais et jouent le rôle de zone tampon. Ils sont caractérisés par des sols et formes d'humus humides et tourbeux (histosols ; Histoformes, Histoformes avec une tendance à l'assèchement en surface) dans les zones proches des hauts-marais, ainsi que des sols minéraux hydromorphes pouvant s'assécher périodiquement en surface dans les zones plus éloignées (Hydroformes à tendance Terroformes ; Delarze & Gonseth, 2008). Les formes d'humus présentant une surface sèche – Hydroformes à tendance Terroformes et Histoformes avec une tendance à l'assèchement en surface – semblent être caractéristiques de cette alliance. Cependant, on peut également supposer que la présence de ces formes d'humus ainsi que la présence d'espèces plus méso- voire xérophiles ou plus eutrophes telles que *Deschampsia cespitosa, Filipendula ulmaria* ou *Helictotrichon pubescens,* soient également des signes précurseurs d'un assèchement résultant notamment de l'abandon de la pâture. Ce milieu semble en effet complètement dépendant de la pâture, morphologiquement ainsi que fonctionnellement (au niveau de la végétation, des sols et des formes d'humus).

Le *Filipendulion* représente les groupements végétaux à hautes herbes très riches en nutriments (Figure 5.4). Ils sont caractérisés par des sols divers particulièrement riches en matière organique, et par des conditions alternées de sécheresse et d'humidité : Euhistoanmoors et Hydroformes à tendance Terroformes. Ces milieux nitratophiles jouent avec le *Catlhion* un rôle important dans la protection des milieux oligotrophes. Ils sont en effet assez tolérants à un apport en nutriments et à un assèchement (Delarze & Gonseth, 2008). Par contre, si les modifications s'étendent sur le long terme, elles pourront probablement modifier ces types de végétation. Comme pour le *Calthion*, les Hydroformes à tendance Terroformes semblent être caractéristiques de cette alliance et de ces variations d'humidité. Cependant, la présence de cette forme d'humus peut également être le signe précurseur d'un assèchement dans le futur, avec perte probable de diversité.

Les ourlets nitrophiles, avec l'alliance de l'*Alliarion,* sont également présents, au Sentier, en bordure de pâturage et de saulaie. Cette alliance correspond à un groupement composé d'une grande abondance de graminées typiques de prairies de fauche, et pouvant s'assécher en été (Figure 5.4 ; Delarze & Gonseth, 2008). Elle est caractérisée par des sols hydromorphes secs en surface et humides en profondeur, d'où la présence de ces Hydroformes à tendance Terroformes. Compte tenu des conditions écologiques de ce milieu donné par la littérature Delarze & Gonseth, 2008), il semble que cette forme d'humus soit ici caractéristique du milieu (avec notamment les espèces de graminées abondantes). Cependant, un changement de dynamique de ce milieu (vers un assèchement) ne peut pas être exclu.

Le *Magnocaricion* est situé en bordure de bas-marais et de pâturages, à proximité du *Filipendulion,* sur sols minéraux hydromorphes, humides et riches en matière organique (Figure 5.4 ; Delarze & Gonseth, 2008). Ici, ce milieu est présent sur des formes d'humus présentant une surface sèche. La présence d'une surface sèche semble donc être nécessaire à ce milieu, notamment car elle permet un apport en nutriments adéquat. Cependant, compte tenu de la littérature (Delarze & Gonseth, 2008), ce milieu semble être caractérisé en temps normal par une humidité importante jusqu'en surface. Ainsi, il semble donc que la présence observée de ces formes d'humus plus sèches en surface soit le résultat d'un assèchement ou atterrissement. La composition floristique ici ne nous donne en effet que peu d'indices pour trancher car elle est très peu diversifiée.

Ainsi, à l'heure actuelle, les formes d'humus ayant été supposées comme changées (asséchées) peuvent soit représenter un état stable de la végétation, soit indiquer un changement en cours ou à venir dans la dynamique des milieux. On peut également supposer que la présence de telles formes d'humus, notamment dans des milieux très hydromorphes et particulièrement tourbeux, indique un changement de la dynamique du milieu. En effet, ces milieux comme les bas-marais (*Caricion fuscae*), sont caractérisés par une saturation en eau jusqu'en surface pendant plus de six mois par an et donc par des

sols/formes d'humus tourbeux (BRESSOUD & GIUGNI, 1996 ; GROSVERNIER *et al.*, 1997 ; DELARZE & GONSETH, 2008). Ainsi, la présence d'une forme d'humus représentant une surface sèche dans ces milieux indique un changement. Par contre, dans des milieux déjà plus secs à la base, comme l'*Alliarion* ou le *Molinion*, il semble que ces formes d'humus indiquent plutôt un état stable du milieu. En effet, de par leurs conditions écologiques, ces milieux sont soumis à une humidité variable (EGLOFF, 1986 ; DELARZE & GONSETH, 2008 ; FERREZ, 2011). Ainsi, dans ces milieux, une surface sèche semble être tout à fait représentative de ce fonctionnement de régime hydrique fluctuant et n'indique donc pas un changement de dynamique.

Les formes d'humus semblent avoir des rôles importants dans la caractérisation d'un milieu, de son fonctionnement mais aussi de son évolution. Même si les suppositions présentées ci-dessus semblent être appuyées par les conditions écologiques présentées dans la littérature, dans la majorité des cas des doutes subsistent : dans cette première étude, il n'est en effet pas possible de distinguer de façon sûre si la forme d'humus observée caractérise le fonctionnement typique d'un milieu (et donc sa stabilité), ou alors est synonyme d'un changement des conditions envers lesquels la végétation n'a pas encore eu le temps de répondre. Bien sûr, cette difficulté et ce manque de certitude proviennent notamment du fait qu'il n'existe aucun point de référence permettant d'établir quand est apparue cette forme d'humus et pour quelle végétation. Un moyen de valider les suppositions faites, est de réaliser de nouvelles comparaisons de formes d'humus dans plusieurs années pour confirmer ou non les liens de ces formes d'humus avec la végétation ainsi que les changements de dynamique supposés en cours. Seule une future étude réalisée aux mêmes endroits permettra de vérifier ou non quelle supposition est la plus juste. Cette étude jouerait ainsi le rôle de point zéro pour une future recherche dans ces marais.

Par ailleurs, comme précisé plus tard dans ce chapitre (cf. section 5.2), un recours à des méthodes plus fines d'analyses, comme l'analyse des macrorestes à l'aide de la méthode Ponge (PONGE, 1984), celle de la matière organique humifiée et ses caractéristiques ainsi que l'études des thécamibes (MITCHELL *et al.*, 2007 ; MITCHELL *et al.*, 2008), peuvent confirmer ou infirmer les résultats obtenus. De plus, des études de datations isotopiques semblent être des méthodes très utiles pour donner une idée de l'apparition des changements (BERNARD, 1996 ; RICHARD & VIGNOT, 2000). Dans cette étude, une datation isotopique de quelques horizons des formes d'humus (et même des horizons minéraux situés plus en profondeur) permettrait certainement d'avoir une idée de la période temporelle où la forme d'humus supposée actuelle est apparue et par conséquent de valider les observations et suppositions faites sur les liens avec la végétation actuelle.

.

Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis *de Chapelle-des-Bois.*

5.1.2 Évolution et dynamique des milieux humides (approche diachronique) :

Cette partie diachronique avait pour objectif de détecter les changements floristiques sur une échelle d'environ 40 ans (depuis 1974 à 2012) et leurs causes.

Sur une échelle de quelques décennies (1974 – 2012), est-ce qu'il y a des changements de végétation dans les trois zones humides du Haut-Jura ? Quels sont les types de végétation les plus menacés ?
Quelles sont les causes de ces modifications pouvant être révélées par l'utilisation des valeurs de Landolt et des formes d'humus ?

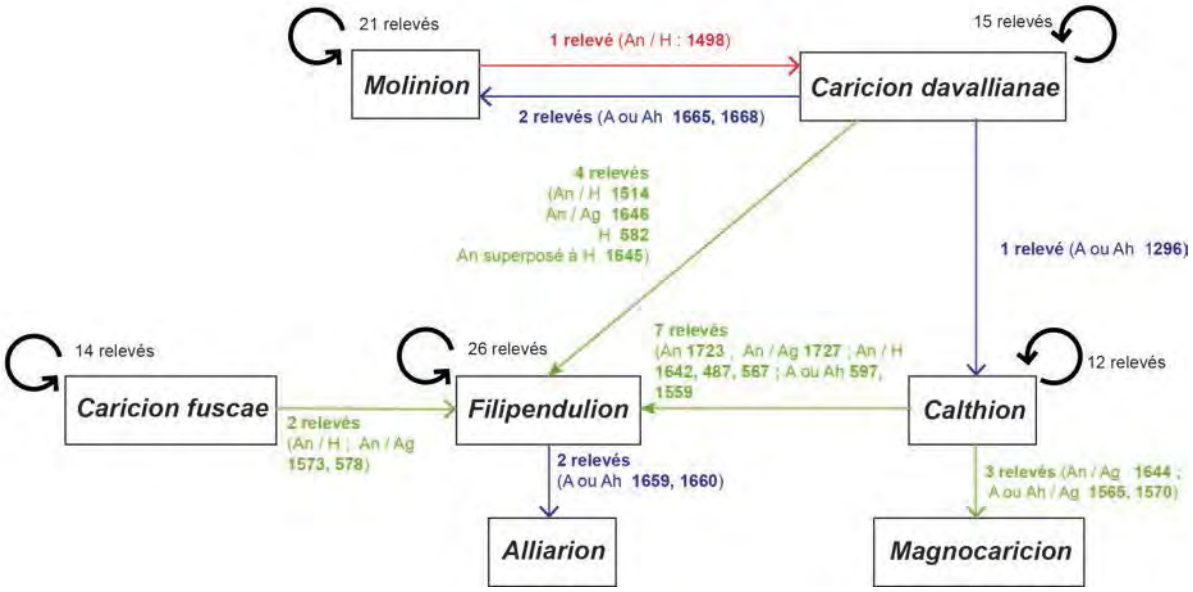


Figure 5.5 : Résumé des changements floristiques (flèches plates) et des alliances stables (flèches circulaires) ayant lieu dans l'ensemble des sites étudiés, avec les différents relevés/profils concernés en gras et les successions d'horizons de formes d'humus. En rouge, les changements concernent le site de Chapelle-des-Bois, en bleu, le site du Sentier et en vert le site de La Burtignière.

Les résultats concernant l'étude diachronique confirment l'hypothèse de base de cette thèse : **la végétation présente dans les sites étudiés qui possèdent un mésoclimat particulier, a bel et bien changé durant ce laps de temps.** De plus, ces changements semblent concerner **tous les milieux considérés**, bas-marais et prairies humides, donc des milieux oligotrophes et eutrophes, sur sols tourbeux ou minéraux (Figure 5.5). Cependant, ils semblent être plus importants dans le *Calthion* ainsi que dans les bas-marais de type *Caricion fuscae* et *Caricion davallianae.*

Le facteur numéro un de cette évolution est clairement l'eutrophisation des sols, en particulier par l'azote. Cette constatation rejoint celles faites dans d'autres écosystèmes humides (Bollens *et al.*, 2001 ; Gunnarsson *et al.*, 2002 ; Pauli *et al.*, 2002 ; Bergamini *et al.*, 2009 ; Graf *et al.*, 2010), ou dans d'autres milieux (Willems *et al.*, 1993 ; Kahmen *et al.*, 2002 ; Wesche *et al.*, 2012 ; Roth *et al.*, 2013 ; Diekmann *et al.*, 2014 ; Mauchamp, 2014).

Globalement et selon l'utilisation des valeurs indicatrices de Landolt, **l'assèchement ne semble pas être encore un problème significatif dans cette région**, contrairement à d'autres sites étudiés (Pauli *et al.*, 2002 ; Klaus, 2007 ; Graf *et al.*, 2010). Les sites étudiés sont présents dans des bassins fermés influencés par des lacs, et de ce fait sont soumis à des apports d'humidité importants et réguliers autres que les précipitations (qui sont majoritairement identiques dans toute la région du Haut-Jura), comme le brouillard, les brumes et les gelées. De plus, ces apports sont réguliers sur toute l'année, même durant la période de végétation estivale. Aussi, les sites étudiés possèdent un substrat qui est majoritairement imperméable, parfois également assez filtrant. Ce substrat varié joue son rôle et permet de créer des conditions de saturation en eau suffisante et idéale pour influencer et maintenir la végétation hydromorphe. Par ailleurs, on peut supposer que l'éloignement de ces biotopes des villages a probablement joué un rôle dans la conservation plutôt bonne des sites étudiés par rapport à

d'autres pays ou d'autres régions (moins de drainages ou d'exploitation de tourbe).

Cependant, les formes d'humus semblent indiquer dans certains cas tout de même des tendances de changement du régime hydrique et même **d'assèchement à quelques endroits**. On peut en conclure que, à l'intérieur d'une tendance « lourde » et générale (l'eutrophisation), certains milieux réagissent à des causes plus locales, voire micro-locales, qui cachent (ou se superposent à) l'évolution générale. De plus, il ne faut pas oublier non plus que de nombreux endroits ne montrent aucune évolution sur la période considérée, tout au moins en considérant le critère retenu, à savoir un changement floristique suffisamment important pour détecter un changement d'alliance.

Les formes d'humus supposées qui ont été interprétées comme représentant un assèchement peuvent ainsi indiquer d'une part (1) **des relevés/profils dans lesquels la végétation a déjà subi des changements majeurs de sa composition floristique se traduisant alors par un changement d'alliance phytosociologique**, mais également (2) **des relevés/profils dans lesquels la végétation peut avoir subi quelques modifications au niveau de sa composition floristique, mais sans avoir encore été modifiée au point de devenir une autre alliance**.

(1) changements visibles au niveau de l'alliance

Dans ce premier cas (changement visible au niveau de l'alliance), il semble que les formes d'humus indiquent que l'augmentation de nutriments provienne également d'une augmentation de la minéralisation de la matière organique, grâce aux conditions plus sèches en surface ou grâce aux fluctuations plus importantes du niveau d'eau entre la surface et la profondeur. Cet assèchement semble complètement lié à la déprise agricole observée sur les sites de La Burtignière et du Sentier. Il est par ailleurs certainement renforcé par la présence de nombreux drains dans ces deux sites.

Les relevés qui sont passés de l'alliance des bas-marais alcalins (*Caricion davallianae* ; Figure 5.6) pour rejoindre celles du *Calthion* ou du *Filipendulion,* révèlent des conditions plus sèches en surface, avec des HYDROFORMES à tendance TERROFORMES (Figure 5.5), ou des conditions de régime hydrique fluctuant. Ceci se traduit par l'apparition ou l'augmentation en abondance d'espèces plus eutrophes du *Calthion* (*Caltha palustris*, *Cirsium rivulare* et *Ranunculus acris* subsp. *friesianus*) au détriment des espèces des bas-marais (*Carex davalliana*, *Eriophorum angustifolium* et *Primula farinosa*). Ces zones étaient autrefois pâturées et/ou fauchées (GALLANDAT, comm. pers.), mais ont été abandonnées et clôturées petit à petit depuis 1997 (LE COVÉ SA, 1995). Ainsi, cet arrêt des pratiques agricoles, associé aux nombreux drains existants sur les sites du Sentier et de La Burtignière, a pu induire une évapotranspiration augmentée du milieu et donc un changement du régime hydrique allant par exemple vers des conditions sèches et donc oxiques en surface. Ces conditions ont ensuite permis un changement de végétation : les espèces du *Filipendulion* sont apparues ou ont vu leur abondance augmenter (*Filipendula ulmaria*, *Galium mollugo* s.str. et *Geum rivale*), à nouveau au détriment des espèces de bas-marais alcalins (*Carex davalliana*, *Parnassia palustris* et *Pinguicula vulgaris*), prouvant donc qu'une eutrophisation a bel et bien eu lieu.

Ainsi, il semble que ces changements de végétation pour cette alliance soient dus à une eutrophisation provenant d'un changement des pratiques agricoles. Ces changements de pratiques agricoles (abandon) augmentent l'évapotranspiration du milieu (HORTON, 1973), ce qui, même à précipitations constantes, peut provoquer un abaissement de la nappe et donc un assèchement, puis à une minéralisation augmentée de la matière organique et à un relâchement de nutriments. L'assèchement a pu également être accentué par la présence de canaux de drainage.

En ce qui concerne l'alliance du *Caricion fuscae* (Figures 5.7 et 5.8), les relevés qui ont changé d'alliance et sont devenus des *Filipendulion* révèlent également des conditions plus riches en nutriments et sont caractérisés probablement par un régime hydrique plus fluctuant, notamment en été (Figure 5.5). Par conséquent, des espèces plus nitratophiles sont apparues (*Aconitum napellus* aggr.*, Alchemilla vulgaris* aggr.*, Filipendula ulmaria, Cirsium oleraceum* et *Valeriana officinalis*) au détriment de la végétation oligotrophile et typique du *Caricion fuscae* (*Calluna vulgaris*, *Viola palustris*, *Carex nigra*, *Potentilla palustris, Eriophorum vaginatum, Carex echinata, Eriophorum angustifolium***.** Comme pour les bas-marais alcalins, ces relevés sont situés sur des surfaces qui étaient auparavant fauchées et/ou pâturées (GALLANDAT, comm. pers.), et qui sont actuellement, et probablement depuis le plan de gestion de 1997 abandonnées et clôturées (LE COVÉ SA, 1995 ; Figures 5.7 et 5.8). De plus, de nombreux canaux de drainages y sont présents.

Comme pour le *Caricion davallianae*, ces changements reflètent une eutrophisation provenant d'un changement de régime hydrique causé par la déprise agricole et l'augmentation de l'évapotranspiration qui en résulte (HORTON, 1973). Les canaux de drainage joue également et certainement un rôle, en accentuant peut-être l'effet de ces changements de pratiques agricoles.

Figure 5.6 : Aperçu à gauche en 1977 (photo de GALLANDAT (1982)) et à droite en 2014 d'un* Caricion davallianae *présent autour du haut-marais du Carre sur le site de La Burtignière (haut-marais à droite sur les photos). La zone ancienne de bas-marais (pâturé) s'est modifiée en une prairie plus eutrophe de type* Filipendulion*. Dans cette zone un poljé est présent. Celui-ci, lors de grandes précipitations, rejette de l'eau et peut amener des particules minérales basiques sur le* Caricion davallianae*. Le* Caricion davallianae *actuel est restreint à une petite surface en bordure directe du haut-marais, sur quelques mètres (en orangé sur la photo à droite).

Figure 5.7 : Aperçu à gauche en 1977 (photo de GALLANDAT (1982)) et à droite en 2014 d'un* Caricion *fuscae présent autour d'un haut-marais présent sur le site de La Burtignière (haut-marais à droite sur les photos). La zone ancienne montre une modification en une prairie plus eutrophe de type* Filipendulion*. Un pâturage entoure ensuite l'ensemble. Depuis 1997, des barrières séparent le pâturage des bas- et haut-marais.

Figure 5.8 : Aperçu à gauche en 1977 (photo de GALLANDAT (1982)) et à droite en 2014 d'un* Caricion fuscae *présent autour du haut-marais de Praz-Rodet présent sur le site de La Burtignière (haut-marais à gauche sur les photos). La zone ancienne de bas-marais, visible sur la photo à gauche par les taches brunes claires, a vu sa surface fondre et se confiner sur 1 m en bordure de la limite des arbres, et le reste s'est modifié en une prairie plus eutrophe de type* Filipendulion*. Un pâturage entoure ensuite l'ensemble, jusqu'à la forêt sur la droite. Depuis 1997, des barrières séparent le pâturage des bas- et haut-marais (limite visible sur la droite, avec le pâturage en vert clair et le* Filipendulion *de couleur brune).

Dans l'alliance du *Calthion* (Figures 5.9 et 5.10), les relevés qui sont devenus des *Filipendulion* sont caractérisés par des formes d'humus riches en nutriments et composées de périodes alternées de conditions sèches et humides (Figure 5.5). Les périodes sèches sont synonymes d'importants relâchements de nutriments dans le sol. Ces conditions favorisent le développement d'espèces nitratophiles de l'alliance du *Filipendulion* (*Filipendula ulmaria, Aconitum neomontanum* et *Valeriana officinalis*). Ces relevés sont situés dans des surfaces qui étaient également auparavant pâturées et/ou fauchées (GALLANDAT, comm. pers.), et qui sont actuellement et probablement depuis le plan de gestion de 1997 abandonnées (LE COVÉ SA, 1995 ; Figures 5.9 et 5.10), et qui contiennent quelques canaux de drainage.
Les relevés qui sont devenus des *Magnocaricion*, sont particuliers : en temps normal, un *Magnocaricion* est caractérisé par des conditions plus humides qu'un *Calthion* (DELARZE & GONSETH, 2008). Or ici, ces relevés sont caractérisés par des formes d'humus à surface assez sèches – HYDROFORMES à tendance TERROFORMES – ce qui est synonyme d'une activité biologique efficace et donc à un relâchement de nutriments dans le sol (Figure 5.5). Ces conditions plus sèches ne semblent donc pas indiquer une cause de changement (*Calthion* vers *Magnocaricion*), mais indiquent plutôt que ces relevés aujourd'hui appartenant à l'alliance du *Magnocaricion* sont en train de se modifier. On ne peut non plus pas exclure la possibilité d'une fausse relocalisation de relevé, même si toutes les précautions ont été prises pour l'éviter.

Ces changements de végétation pour cette alliance sont majoritairement dus à une eutrophisation provenant d'un changement des pratiques agricoles (abandon). Ces changements de pratiques agricoles ou abandon ont augmenté l'évapotranspiration du milieu (HORTON, 1973), pouvant provoquer un abaissement de la nappe et donc un assèchement accentué par la présence des canaux de drainage, puis à une minéralisation augmentée de la matière organique et à un relâchement de nutriments.

Figure 5.9 : Aperçu à gauche en 1977 (photo de GALLANDAT (1982)) et à droite en 2014 d'un* Caricion fuscae *et d'un* Calthion *présents autour du haut-marais de Praz-Rodet (haut-marais avec bas-marais à gauche sur les photos). La zone ancienne de bas-marais et de prairies pâturées humides est symbolisée sur la photo ancienne par la végétation au niveau des gouilles. Depuis 1997, des barrières séparent le pâturage du complexe bas- et haut-marais (limite visible sur la gauche, avec le pâturage en vert et le* Filipendulion *de couleur brune).

Figure 5.10 : Aperçu à gauche en 1977 (photo de GALLANDAT (1982)) et à droite en 2014 d'un* Caricion *fuscae et d'un* Calthion *présents autour du haut-marais de Praz-Rodet (à droite sur les photos). La végétation entre le muret et la zone de bas- et haut-marais a bien changé ! Depuis 1997, des barrières sont présentes près du muret.

Les relevés du site du Sentier, en bordure de forêt et de prairies fauchées et pâturés, qui ont passé de l'alliance du *Filipendulion* à l'*Alliarion,* sont caractérisés par des formes d'humus sèches en surface – HYDROFORMES à tendance TERROFORMES – ou représentant une humidité fluctuante – EUHISTOANMOORS (Figure 5.5). Ces conditions ainsi que sa situation proche d'un pâturage augmentent le taux de nutriments dans le sol ce qui favorise le développement d'espèces de milieux frais et fertiles comme *Galeopsis tetrahit* et *Urtica dioica*. Par ailleurs, aujourd'hui, ces relevés ne sont plus du tout utilisés ni fauchés (friches) ; un sentier pédestre les séparent de la prairie pâturée et fauchée située à proximité (observations de terrain), ce qui accentue encore plus le fait qu'ils sont non utilisés aujourd'hui. Ces relevés étaient probablement encore utilisés et pâturés par le bétail en 1974 (GALLANDAT, comm. pers.). La présence des drainages tout proches ainsi que la forte croissance de la forêt à proximité peut également avoir eu un impact non négligeable sur le régime hydrique de ces relevés.

Ces changements de végétation pour cette alliance mettent en évidence un changement de la forme d'humus provoqué par une modification du régime hydrique causé par une augmentation de l'évapotranspiration suite à l'abandon de ces parcelles (HORTON, 1973). Cette évapotranspiration augmentée du milieu provoque par conséquent une modification du régime hydrique vers des conditions plus sèches. Ces modifications hydriques peuvent également être influencées par la présence de ces canaux de drainage.

(2) changements potentiellement encore invisibles au niveau de l'alliance

En ce qui concerne les formes d'humus qui ont été interprétées comme supposées asséchées qui ont été trouvées dans des zones **qui ne montrent pas (encore) de changement de végétation au niveau de l'alliance,** on peut supposer que ces cas représentent des changements très rapides (comme un assèchement soudain et en cours) qui ont d'abord modifié la forme d'humus mais sans avoir déjà provoqué de changement d'alliance phytosociologique. Ces changements soudains peuvent être appuyés par l'étude de (CLYMO, 1983), qui dit qu'une décomposition en milieu oxique se fait 50 fois plus rapidement qu'en conditions anoxiques.

En effet, dans quelques relevés à l'intérieur et/ou en bordure de bas-marais entourant des hauts-marais, des formes d'humus de type HISTOFORMES dégradées en surface ont été trouvées, mais sans encore avoir eu de répercussions sur la végétation, mis à part l'apparition de quelques espèces plus xérophiles ou plus nitratophiles (*Helictotrichon pratense*, *Polygonum bistorta* et *Filipendula ulmaria*). Dans ce cas, comme il n'y a aucun moyen de savoir si cette forme d'humus était déjà présente au moment de GALLANDAT, la présence de ces formes d'humus en surface avec cette végétation peut signifier plusieurs choses parmi lesquelles il est actuellement impossible de trancher : (1) comme dit, la présence de ces formes d'humus peut indiquer une dégradation en cours de la tourbe due à un changement rapide et soudain du régime hydrique. Des modifications de la végétation et d'alliances phytosociologiques peuvent donc survenir si les conditions d'assèchement ne sont pas contrées. Des indices de modifications floristiques sont déjà visibles, avec notamment des espèces méso- à xérophiles (*Helictotrichon pratense*, *Phleum pratense* s.str. et *Festuca pratensis* s.str.) et d'autres plus nitratophiles (*Polygonum bistorta* et *Filipendula ulmaria*). (2) Ces formes d'humus pouvaient déjà être présentes au temps de GALLANDAT : à ce moment, la présence de ces formes d'humus asséchées pourraient indiquer un équilibre, et donc qu'elles sont typiques du milieu considéré (*Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Calluna vulgaris* forme sèche), qui est le plus sec des *Caricion fuscae* observés dans les sites d'étude (cf. sections 3.1 et 3.4).

Toutes ces interprétations faites avec les formes d'humus sont sans certitude. Au départ, les formes d'humus ont été désignées comme changées en fonction des observations faites sur le terrain et grâce à des critères précis qui indiquent que ces formes d'humus possèdent des successions d'horizons ou des ruptures minéralogiques illogiques, avec des ruptures nettes (pour les critères précis utilisés, cf. paragraphe 5.1.4). On peut donc être quasiment sûrs d'avoir détecté des changements dans la forme d'humus. Cependant, le fait de ne pas avoir de point zéro ne permet pas de savoir quand la modification a eu lieu. Il se peut donc que la modification ait eu lieu bien avant GALLANDAT, et donc que les formes d'humus supposées changées n'aient en effet pas changé durant le laps de temps considéré (1974 – 2012), mais bien avant 1974 (cf. paragraphe 5.1.3). Il y a donc nécessité de poursuivre les recherches sur d'autres endroits et régions mais aussi de poursuivre les suivis sur les sites étudiés. Ainsi, à l'heure actuelle, les faibles connaissances des formes d'humus dans les marais ainsi que la non certitude des résultats obtenus font qu'elles ne peuvent actuellement pas être utilisées de façon sûre dans la détermination des causes des changements de végétation. Cependant, on peut largement supposé qu'elles ont un avenir prometteur dans cette utilisation.

Ainsi, si changement d'humus il y a réellement, l'observation supposée faite est un assèchement provoqué notamment par la déprise agricole. L'augmentation de l'azote n'est qu'hypothétique du point de vue des formes d'humus. Il faudrait faire des mesures de nutriments dans les horizons. Cependant, vu la littérature, il semble possible de relier ce potentiel assèchement provoqué par la déprise agricole et l'existence de canaux de drainage à une eutrophisation (cf. paragraphe « Résumé des causes des changements, point 4)).

Résumé des causes des changements

Globalement, l'**eutrophisation** observée et réelle dans les milieux humides des sites étudiés (et plus généralement dans d'autres parties du globe) semble donc être due à un ensemble de facteurs, certains en lien avec des **sources anthropiques** (changements de pratiques agricoles, apports indirects et dépôts atmosphériques ; points 1, 2 et 3 ci-dessous) ainsi que par **assèchement** (provoqué par des changements de pratiques agricoles, des drainages ou par le changement climatique ; point 4 ci-dessous).

1) L'eutrophisation peut provenir directement de **changements des pratiques agricoles comme des modifications du régime de fauche et de pâture** (abandon ; WYL *et al.*, 1997 ; VAN DIGGELEN *et al.*, 2006 ; WASSEN *et al.*, 2006) ou intensification (EGLOFF, 1986 ; WYL *et al.*, 1992 ; GRABHER, 1998), ceci par une augmentation de la biomasse et de la quantité de litière au sol.

En effet, en ce qui concerne les pratiques agricoles, la majorité des changements floristiques ont lieu sur les sites suisses de La Burtignière et du Sentier, des sites dans lesquelles les pratiques agricoles ont changé depuis 1997 (date du plan de gestion, qui était en vigueur jusqu'à aujourd'hui), avec notamment une mise à ban de ces milieux en vue de les protéger contre la pâture du bétail (Figures 5.11 et 5.12). Sur ces figures, on remarque que les relevés qui ont changé d'alliance sont situés dans des zones considérées depuis 1997 comme des friches ou des zones sans utilisation. Or ces milieux étaient auparavant fauchés et/ou pâturés dans les années 1970 (GALLANDAT, comm. pers.). L'eutrophisation détectée dans les sites étudiés semble donc être due à une **déprise agricole**, et non pas, comme on pourrait le penser de premier abord, à une intensification (cf. section 4.2). De plus, le site de Chapelle-des-Bois est le site le plus préservé au niveau de la végétation, notamment du fait que les zones humides sont toujours exploitées extensivement par une agriculture biologique (fauche et pâture extensive ; Figures 5.13 et 5.14). Ce double constat, suisse et français, confirme le fait que l'utilisation des zones humides des types étudiés par une agriculture extensive (fauche et/ou pâture) est souvent nécessaire à leur maintien (VAN ANDEL & ARONSON, 2006). Dans les cas de **non-évacuation de la litière** (situation suisse), l'augmentation de nutriments qui en résulte induit une production de biomasse plus importante et donc une réduction de la lumière disponible au niveau du sol (BOLLENS *et al.*, 2001 ; GUNNARSSON *et al.*, 2002 ; PAULI *et al.*, 2002 ; BERGAMINI *et al.*, 2009 ; GRAF *et al.*, 2010). En retour, cette **production de biomasse plus importante relâche plus de nutriments dans le sol, accentuant l'eutrophisation du milieu.**

Par ailleurs, l'abandon du régime de fauche et/ou de pâture dans quelques milieux, comme cela a été constaté dans certaines prairies humides du *Molinion*, peut favoriser l'apparition et le développement de nombreux ligneux, ce qui peut par conséquent amener le milieu à se fermer, en plus d'exclure les autres espèces de marais. Ceci a largement été constaté sur le site du Sentier, en bordure du lac de Joux, dans les prairies humides et les bas-marais (Figures 5.15 et 5.16). A noter également que ce développement d'espèces ligneuses peut aussi être le signe d'un retour aux conditions initiales qui régnaient dans ces marais avant le défrichement. En effet, il ne faut pas oublier que la majorité des marais sont secondaires puisqu'ils sont le résultat du déboisement de grandes surfaces en vue d'une augmentation des étendues exploitables par l'agriculture (KÜTTEL, 1994b).

De plus, il est également important de ne pas négliger le fait qu'une déprise agricole a également des effets sur le développement des espèces, puisque l'accumulation de litière tend à apporter moins de lumière au sol et donc à empêcher la croissance de plantes de marais héliophiles pour la plupart (MOUNTFORD, 1994 ; BOLLENS, 2000 ; KEDDY, 2010). Les espèces plus concurrentielles et diminuant la quantité de lumière arrivant au sol parviennent à pousser et donc à supplanter les espèces de marais ou de prairies humides que l'on aimerait préserver, menaçant ainsi la diversité propre des milieux concernés. Ces conditions favorisent également l'apparition d'espèces ne supportant pas la fauche ou qui sont volontiers broutées par le bétail, comme *Filipendula ulmaria.*

2) **L'eutrophisation peut également provenir d'apports indirects,** puisque les lois en Suisse ainsi que les directives de l'agriculture biologique en France interdisent l'apport direct de fertilisants de synthèse, et ce notamment dans des zones humides protégées. Mais les nutriments peuvent pénétrer dans ces milieux par du ruissellement provenant des pâturages situés aux alentours (PAULI *et al.*, 2002). Par ailleurs, si l'utilisation du pâturage environnant s'intensifie, ou que le nombre de têtes de bétail augmente, le taux de nutriments arrivant par ruissellement des milieux environnants sera plus important. En temps normal, en Suisse, et particulièrement sur les sites étudiés, il y a des zones tampons, où la fertilisation est également interdite, pour éviter cet apport de nutriments (MARTI & MÜLLER, 1994 ; MARTI *et al.*, 1997 ; observations de terrain). Si ces apports par ruissellement existent dans les sites étudiés, c'est soit que les zones tampons mises en place ne sont pas respectées ou soit qu'elles sont insuffisantes.

3) L'eutrophisation peut aussi provenir d'autres sources anthropiques, autres que l'agriculture, comme les **dépôts atmosphériques**, d'une quantité mesurée par le réseau NABEL en Suisse de l'ordre de 15 – 20 kg N ha^{-1} $année^{-1}$. Ces dépôts, en arrivant à la surface du sol, peuvent réduire la qualité et la biodiversité de nombreux écosystèmes, humides (MORRIS, 1991 ; AERTS *et al.*, 1992 ; PAULI *et al.*, 2002 ; BRAGAZZA *et al.*, 2004) ou non comme les prairies par exemple (MORECROFT *et al.*, 1994 ; BOBBINK *et al.*, 2010 ; PHOENIX *et al.*, 2012 ; OFEV, 2014 ; MAUCHAMP, 2014). Il ne faut également pas oublier

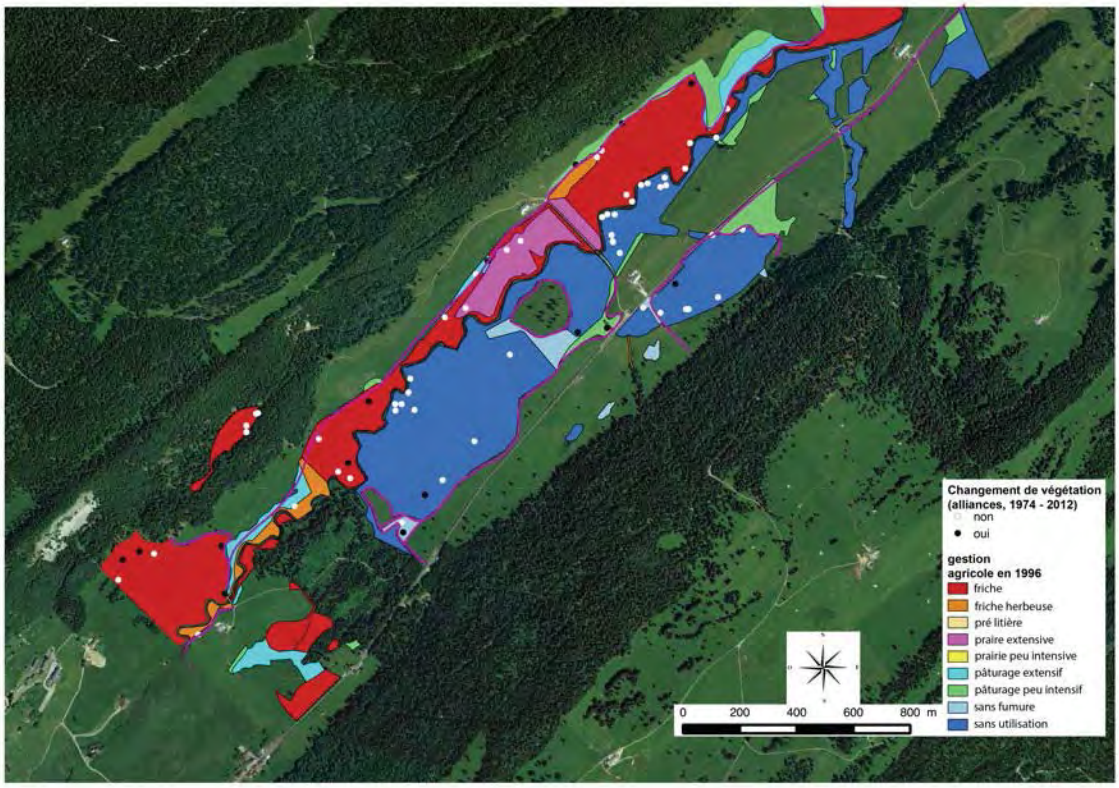


Figure 5.11 : Site de La Burtignière, avec les différents relevés effectués dans cette thèse qui ont changé d'alliance (ronds noirs) ou non (ronds blancs), ainsi que l'utilisation agricole du site de 1996 à actuellement. Orthophoto de 2008 - 2009 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern). Quelques clôtures présentes actuellement ont été dessinées sur cette figure (traits roses).

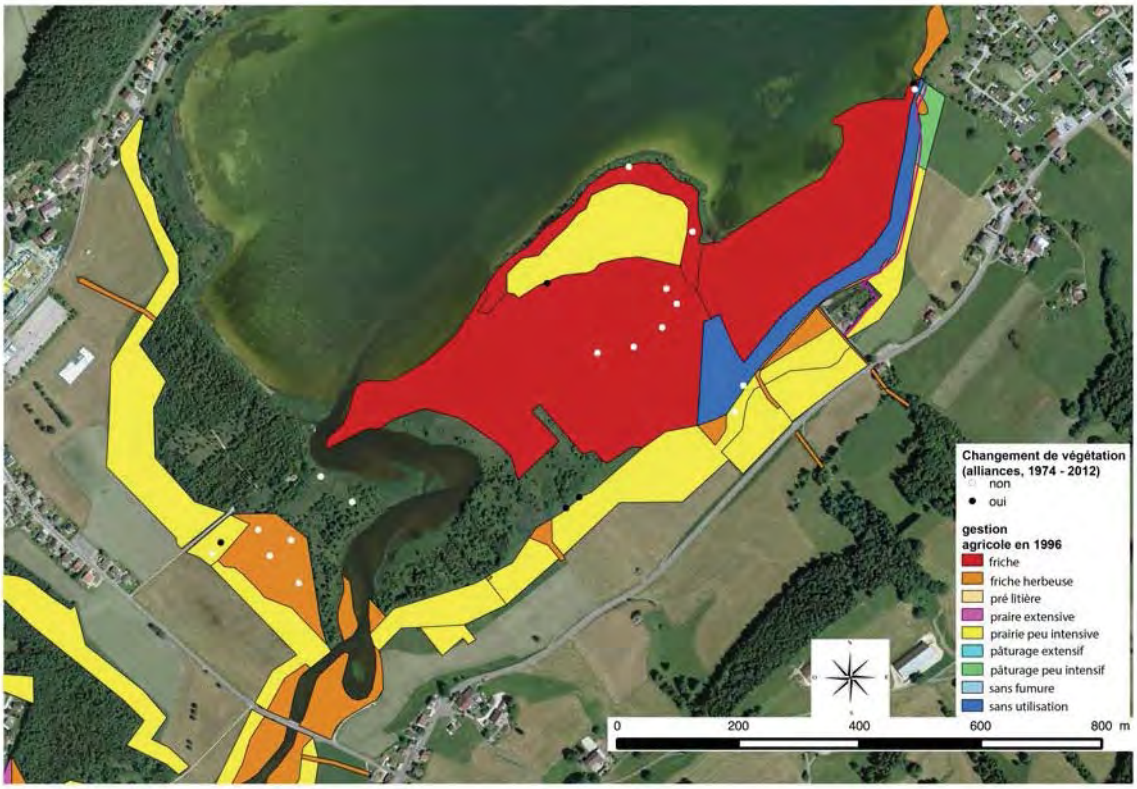


Figure 5.12 : Site du Sentier, avec les différents relevés effectués dans cette thèse qui ont changé d'alliance (ronds noirs) ou non (ronds blancs), ainsi que l'utilisation agricole du site de 1996 à actuellement. Orthophoto de 2008 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern). Quelques clôtures présentes actuellement ont été dessinées sur cette figure (traits roses).

Figure 5.13 : **Molinion** ***fauché en 1977 (photo à gauche, GALLANDAT (1982)) et en 2013 (photo à droite) à Chapelle-des-Bois.***

Figure 5.14 : Les milieux humides de Chapelle-des-Bois sont pâturés en automne par quelques vaches, qui peuvent aller librement d'un endroit à un autre (photo en automne 2014).

Figure 5.15 : Site du Sentier, avec le lac de Joux au fond, le pâturage en vert, et les milieux humides en brun. De nombreux arbres sont apparus entre la photo à gauche en 1977 (GALLANDAT, 1982) et celle à droite en 2014.

Figure 5.16 : Site du Sentier, avec le lac de Joux au fond et l'embouchure de l'Orbe au milieu. De nombreux arbres sont apparus entre la photo à gauche en 1977 (GALLANDAT, 1982) et celle à droite en 2014.

que les apports en nutriments changent les règles de la concurrence entre espèces : les espèces nitratophiles poussent et supplantent les autres espèces typiques de marais (KEDDY, 2010), fréquemment héliophiles.

4) La **déprise agricole** observée sur les sites du Sentier et de La Burtignière (Figure 5.17) (cf. point 1, paragraphe précèdent), additionnée **aux nombreux canaux de drainages présents depuis plusieurs années et non rebouchés,** ont également un lien avec le **potentiel assèchement supposé par les formes d'humus**. En effet, même si cela est hypothétique et supposé, on ne peut pas ignorer le fait que les formes d'humus indiquent peut-être un **assèchement de quelques milieux, pouvant être une des causes de l'eutrophisation observée**. Il semble qu'une prairie abandonnée, à température et précipitations constantes, tend à avoir une évapotranspiration plus grande (HORTON, 1973) de par la plus grande biomasse présente au sol. Par conséquent, si l'évapotranspiration augmente, ceci peut impliquer potentiellement un abaissement de la nappe et donc un assèchement de la surface du sol avec apparition de conditions oxiques, menant ensuite à une eutrophisation puisque la libération des nutriments disponibles pour les plantes devient potentiellement plus importante (CLYMO, 1983 ; JABIOL *et al.*, 2007). Dans les prairies alpines, l'abandon des pratiques agricoles est confirmée comme ayant une influence sur le taux de matière organique dans la forme d'humus. Il tend à être plus élevé dans les zones abandonnées que les autres encore exploitées (SEEBER & SEEBER, 2005). Il ne faut pas oublier qu'un assèchement du marais a aussi des conséquences directes sur la composition floristique en permettant à des espèces moins hygrophiles de s'installer et donc en changeant les relations de concurrence entre espèces.

A noter également que cet assèchement peut également provenir d'un **changement climatique** en cours (CH2011, 2011 ; IPCC, 2014), avec des périodes extrêmes composées soit d'abondantes précipitations soit de rares pluies (comme, la canicule de 2003), causant par conséquent un changement du régime hydrique (PAULI *et al.*, 2002) avec un niveau d'eau très fluctuant composé de périodes sèches et des périodes très humides. A noter qu'à précipitations constantes, une température plus élevée implique les mêmes effets que ceux décrits ci-dessus en cas d'abandon des pratiques agricoles (évapotranspiration plus élevée et donc potentiellement un abaissement de la nappe plus rapide (WANG *et al.*, 2006 ; ERWIN, 2009)). Ainsi, durant les périodes sèches, la surface du sol est soumise aux conditions oxiques, et donc à une activité d'organismes aérobies importante et généralement efficace (CLYMO, 1983 ; JABIOL *et al.*, 2007), et donc à une libération plus importante de nutriments. Dans cette étude, comme un assèchement généralisé des milieux n'a pas été détecté, cette source due au changement climatique global peut être relativisée.

Cet assèchement peut également être la cause d'une **modification du sous-bassement géologique karstique**, comme la formation de petites fissures ou de grottes dans le calcaire ; l'eau qui s'y engouffre entraîne avec elle les parties imperméables (argiles, dépôts glaciaires, molasses et marnes) qui permettent en temps normal le maintien de ces zones humides. Cette hypothèse pourrait se vérifier ou non par une étude hydrogéologique, en utilisant par exemple des sondages géophysiques.

Figure 5.17 : Site du Sentier, avec le lac de Joux au fond. De nombreux arbres sont apparus entre la photo à gauche en 1977 (GALLANDAT, 1982) et celle à droite en 2014. De plus, on remarque bien les canaux de drainages sur la photo du haut. Les canaux sont toujours présents en 2014, mais sont cachés derrière les arbres.

5.1.3 La notion de temporalité dans cette étude

Tout d'abord, l'échelle temporelle d'environ 40 ans (1974 – 2012) est, comme attendu et supposé dans l'introduction générale (cf. chapitre 1), un laps de temps suffisant d'un point de vue scientifique afin de détecter des changements dans la composition floristiques des milieux humides et notamment des changements d'alliances. Des changements de végétation au niveau de l'alliance ont été observés et prouvés durant cette période. Il semble que toute modification ayant lieu dans ces milieux provoque assez rapidement des changements dans leur composition floristique. Il ne faut pas oublier non plus que de nombreux endroits ne montrent aucune évolution sur la période considérée, tout au moins en considérant le critère retenu, à savoir un changement floristique suffisamment important pour détecter un changement d'alliance.

Par contre, en ce qui concerne les formes d'humus, la réponse est plus délicate. Il n'est en effet pas possible de savoir si les formes d'humus observées sur le terrain en 2013 étaient nouvelles et donc absentes à l'époque de GALLANDAT en 1974. Ainsi, qu'est-ce qui avait déjà changé du temps de GALLANDAT, et qu'on ne fait en réalité que confirmer ici? La réponse à cette question est impossible puisqu'elle requiert un point de référence, un point zéro. Or cette référence n'existe pas dans cette thèse, puisque GALLANDAT n'a pas fait de prospections de formes d'humus ni de sols à son époque. Cette question de référence temporelle a également été soulevée dans d'autres études et notamment une faite dans les milieux alluviaux (GALLANDAT *et al.*, 1993). Ainsi, dans cette thèse, même si des changements de conditions écologiques semblent avoir été mises en évidence par l'étude des formes d'humus grâce aux critères utilisés (pour les critères précis utilisés, cf. paragraphe 5.1.4), l'absence de ce point zéro est problématique puisqu'il est impossible de dater ces modifications. Il se peut en effet que des modifications étaient déjà présentes du temps de GALLANDAT, et qu'elles aient été faussement interprétées comme un changement ayant eu lieu dès GALLANDAT. Ceci peut avoir des conséquences sur la pertinence des résultats, d'où l'aspect « moins certain et supposé » apposé aux parties traitant des formes d'humus (cf. sections 3.3, 3.4 et 4.2 particulièrement ; vocabulaire utilisant beaucoup de « peut-être », de « semble »). La position et l'épaisseur des horizons concernés dans le profil peuvent donner une idée de réponse à toutes ces questions et donner une estimation de l'évolution d'un sol/forme d'humus. Ainsi, comme ce qui a été fait ici, les horizons concernés situés plus en profondeur et plus épais, ont été interprétés comme signifiant que ces changements ont eu lieu, de façon relative, plus anciennement que ceux situés plus haut dans le profil (BAIZE & GIRARD, 2009). A l'inverse, un horizon fin et présent proche de la surface peut être interprété comme plus récent et donc qu'il est nouveau depuis 1974. Bien sûr, avec cette thèse, il n'est pas possible de donner une valeur que l'on pourrait considérer comme la limite entre avant et après 1974, pour la simple et bonne raison que chaque profil ou situation possède des conditions de création, de développement et de dynamique différentes, des conditions principalement déterminés par la position de chaque profil dans le paysage. Ainsi, chaque sol/formes d'humus n'évolue pas de la même façon, et ce même si le climat et le substrat géologique est le même. Seules des études futures de suivi ou des analyses complémentaires (datation grâce aux isotopes du carbone par exemple) permettront de valider ces estimations, puisque cette thèse pourrait être le point zéro.

Ce manque de référence temporelle ne permet également pas de répondre concrètement aux questions sur l'évolution des formes d'humus. Est-ce que toutes les formes d'humus observées évoluent-elles à la même vitesse? Telle ou telle forme d'humus a-t-elle pu évoluer autant depuis GALLANDAT en 1974 ? Cependant, cette thèse laisse percevoir, tout comme d'autres études, l'inertie comparée des compartiments de l'écosystème. Il se peut en effet qu'une modification était déjà présente quand GALLANDAT a fait ses relevés, mais que cela n'était pas encore visible dans ses relevés par effet d'inertie.

Globalement et selon les règles générales, un sol réagit environ 10 fois moins vite que la végétation à une modification écologique (GOBAT *et al.*, 2010). Un très bel exemple est celui observé par BUREAU *et al.* (1994) dans les zones alluviales de la Sarine en Suisse : les forêts climaciques de type hêtraies sont présentes sur des sols alluviaux alors qu'elles sont normalement présentes sur des sols climaciques de types BRUNISOLS. Mais qu'en-est-t-il des formes d'humus ? Une forme d'humus a la capacité d'évoluer autant ou aussi rapidement depuis 40 ans ? Comme les formes d'humus sont à l'interface entre les deux compartiments que sont le sol et la végétation, ils peuvent être le reflet de ces deux entités : on peut donc supposer qu'il est possible que la forme d'humus évolue plus lentement que la végétation, mais également plus rapidement que cette dernière, et ceci en fonction des nombreux facteurs qui influencent le fonctionnement du sol et de la forme d'humus. Dans cette thèse, les cas dans lesquels la végétation a été interprétée comme changeant avant la forme d'humus, représentent des situations où la forme d'humus est stabilisée par divers éléments présents dans le sol (ions calcium très abondants, complexe argilo-humique stable, formé par les particules minérales et organiques ; JABIOL *et al.*, 2007 ; GOBAT *et al.*, 2010) : la forme d'humus met ainsi plus de temps à répondre à un changement écologique que la végétation. Les cas dans lesquelles la forme d'humus a été interprétée comme évoluant plus rapidement que la végétation se rencontrent notamment dans des zones tourbeuses initialement anoxiques qui présentent un assèchement soudain en surface. Le changement écologique, dans ce cas un changement du régime hydrique en surface du sol, a d'abord influencé la forme d'humus et donc la

décomposition de la matière organique. La végétation, si elle change dans le futur, s'adaptera ensuite à ce nouveau fonctionnement du sol. Bien sûr, ces cas ne sont que supposés (cf. paragraphe 5.1.2) et doivent être encore validés. Cependant, ces cas d'évolution plus rapide du sol/forme d'humus que la végétation ne sont pas impossible, puisqu'ils ont été prouvés grâce au cycle biogéochimique sur la rive sud du lac de Neuchâtel, dans les pinèdes (CORNALI, 1997).

Il ne faut également pas oublier que les changements de végétation ont été fixés au niveau de l'alliance. De plus, d'autres changements de végétation auraient probablement pu être détectés en utilisant un niveau inférieur par exemple. Et bien sûr, en détaillant quelques relevés au niveau des espèces ou liste floristique, il a été possible de mettre en évidence d'autres changements floristiques qui maintiennent pourtant le relevé dans la même alliance. Cette détection des espèces-clés et de leur évolution est importante puisqu'elle permet d'avoir une idée de l'intensité du changement de la végétation. De plus, comme démontré en zones alluviales (GALLANDAT *et al.*, 1993), la mise en évidence de ces espèces-clés permet également de faire des suppositions sur la dynamique de la végétation et d'un écosystème. L'utilisation d'autres analyses statistiques comme les indices de beta-diversité entre anciens et nouveaux relevés auraient probablement permis de mieux caractériser les changements de végétation et de détecter plus clairement l'intensité de changement.
En plus de mettre en évidence des espèces-clés pour caractériser un changement, il aurait également été possible de détecter des changements grâce à l'utilisation des notions de production ou de biomasse végétale, faunistique ou microbienne, non détectables par un relevé phytosociologique. Ces notions semblent de plus avoir des effets non négligeables sur les formes d'humus et leur évolution, puisqu'elles ont un impact sur le recyclage des nutriments (VEDDER *et al.*, 1996 ; BROLL *et al.*, 2002 ; PONGE, 2003). En effet, selon ces auteurs, un milieu qui a une grande production de biomasse végétale et synonyme d'un milieu très diversifié biologiquement (au niveau de la végétation, de la faune du sol et de la faune microbienne) et donc est caractérisé par un recyclage des nutriments très efficace. Ainsi, il aurait été intéressant d'inclure ces questions de biomasse pour voir les changements et leurs impacts sur les formes d'humus. Par ailleurs, ces estimations sur l'intensité du changement pourraient être validées ou complétées par une analyse de la beta diversité ou une analyse des distances entre relevés.

5.1.4 Pertinence de l'utilisation des formes d'humus comme indicateurs des causes des changements

Les formes d'humus sont la partie superficielle du sol, allant de la litière en surface à l'horizon organo-minéral plus en profondeur, dans laquelle vivent la plupart de la faune du sol, la faune microbienne, mais aussi où se trouvent les racines des plantes (BORNEBUSCH, 1930). Elle traduit l'efficacité du sol dans le recyclage de la matière organique, puisqu'elle est le siège de la transformation de cette dernière (PONGE, 2012). La décomposition de la matière organique fraîche ou non, ainsi que son intégration à l'horizon organo-minéral sous-jacent, dépend entre autres des conditions environnementales régnant à la surface et dans le sol (BAIZE & GIRARD, 2009). Par exemple, en conditions oxiques, la forme d'humus est composée d'une faune abondante, variée et très active ainsi que de micro-organismes aérobies (PONGE, 2012), qui va décomposer rapidement la litière fraîchement tombée et l'incorporer rapidement au sol (TOUTAIN, 1981 ; PONGE, 2012). A l'inverse dans des conditions plus humides, la dégradation de la matière organique sera moins importante et sera plus conservée. Si les conditions écologiques changent, la dégradation de la matière organique se trouvera également changée. Ainsi, en plus d'être en surface (et d'être donc plus facile à atteindre sur le terrain que le sol dans son entier), la forme d'humus est la partie où se situe et sont conservés ou disparaissent les indices de ces changements écologiques (PONGE, 2003). Prenons l'exemple d'un milieu initialement humide jusqu'en surface et qui devient plus sec : la matière organique figurée qui était précédemment conservée est dégradée, disparaît et se transforme en matière organique humifiée, ceci grâce à l'abondance et à l'activité accrue de la macro- et mésofaune. De plus, la litière présente en surface, précédemment peu découpée à cause de la faible abondance de faune suite aux conditions humides, est également dégradée. Ces changements écologiques influencent donc, dans cet exemple, la disparition de ces indices. Dans ce cas, c'est paradoxalement leur absence qui prouve qu'il y a eu un changement, alors que dans d'autres c'est l'apparition de ces indices qui le démontre.
Par sa capacité à conserver ou à faire disparaître ces indices sur les changements, la forme d'humus reflète dans les milieux humides l'effet de l'homme sur les milieux. Par ailleurs, la forme d'humus globalement, évolue plus rapidement que le sol lui-même (GOBAT *et al.*, 2010), et est donc de ce fait plus apte à donner des informations sur des changements de végétation. Dans d'autres milieux que les environnements humides, les formes d'humus, de par leur fonctionnement et leur situation à l'interface du sol et de la végétation, donnent de précieuses informations sur le fonctionnement de l'écosystème (HAVLICEK, 1999), ainsi que sur les causes des changements de végétation (BERNIER & PONGE, 1993, 1994 ; BERNIER *et al.*, 1993).

Mais est-ce que l'approche utilisée dans cette étude (à savoir utiliser les formes d'humus – et leurs successions d'horizons verticales qui amènent une sorte de temporalité – décrites dans une approche synchronique pour expliquer les causes de changements de végétation sur une certaine période) est finalement adéquate en milieux humides ? Dans cette étude, on savait dès le début que les résultats obtenus seraient moins solides sur les formes d'humus puisqu'il n'y a pas d'approche diachronique

possible, vu l'absence des profils pédologiques à l'époque de GALLANDAT. Pour minimiser ceci, dans cette démarche, des critères sur les formes d'humus montrant des changements ont dû être clairement établis : les formes d'humus montrant une ou plusieurs ruptures minéralogiques et/ou fonctionnelles on été désignées comme changées (critères : (1) traces de rupture minéralogique et/ou lithologique dans la forme d'humus, (2) évidences de rupture fonctionnelle traduisant par exemple un changement de régime hydrique, (3) présence de successions d'horizons contraires aux règles générales, comme la présence d'horizons Hs au-dessus d'épais horizons Hf ou Hm, avec en plus des horizons Hs plus secs situés en surface au-dessus d'horizons plus humides mais moins décomposés indiquent une dégradation en milieu oxique et donc un assèchement), (4) présence d'argiles et d'ions Ca^{2+} impliquant une stabilité et une inertie au système, et (5) aération de la matière organique en lien avec l'activité de la faune du sol qui peut accélérer les changements. Ces critères ne permettent cependant que de supposer par « solide hypothèse » que ceux-ci sont des profils qui montrent un changement. Par ailleurs, les deux derniers points (4 et 5) ont peut être été un peu surévalués dans cette zone du Haut-Jura. En effet, le climat de cette région du Jura est rude avec des précipitations intenses et des températures plutôt faibles tout au long de l'année, des conditions qui ralentissent fortement la dégradation de la matière organique. Ainsi, il est très probable que cela soit en fait des événements extrêmes (comme lors de la période du Petit Age Glaciaire ou les périodes de canicule de 2003 par exemple) qui puissent permettre à des processus écologiques d'être mis en place (par exemple, des dépôts de minéraux provenant de grandes crues et d'érosion) et donc au système pédologique d'être dynamisé.

Dans cette étude, même si les critères du choix des formes d'humus changées ou non ont été clairement déterminés et bien que les formes d'humus sont comme dit précédemment la partie du sol où se situent les indices de changements, **la pertinence de l'utilisation des formes d'humus dans la détection des causes des changements de végétation en milieu humide** n'a pas pu être complètement et pertinemment établie avec la démarche employée. L'utilisation des formes d'humus semble être prometteuse dans ce domaine, puisqu'elle donne tout de même des résultats, même si ce sont des résultats supposés. Il ne faut en effet pas oublier que compte tenu du fait qu'il n'y a aucune référence temporelle à disposition dans cette thèse pour les formes d'humus, ces résultats doivent être validés par d'autres études dans d'autres régions ou par des suivis dans les mêmes sites d'étude. De plus, il ne faut pas oublier non plus que cette démarche est pionnière dans les milieux humides, que cela soit au niveau de la typologie des formes d'humus qui est méconnues dans les zones humides (cf. section 3.3), ainsi que dans l'utilisabilité de cette typologie toute fraîche.

Ainsi, ces problèmes ou limites (méconnaissance des formes d'humus en milieux humides et absence de référence temporelle) nous pousse à conclure que les formes d'humus ne semblent pas, à l'heure actuelle, être utilisables dans la détection des causes des changements de végétation en milieux humides. A l'inverse, la végétation semble quant à elle très informative et pertinente pour comprendre les changements dans les formes d'humus.

Le choix d'avoir fait une approche plutôt descriptive dans ce contexte d'absence de référence temporelle pour voir la pertinence des formes d'humus dans la détection des changements de végétation n'est pas étranger au fait de ne pas avoir de résultats concrets et certains. Cependant, ne pas faire une telle approche n'aurait pas permis d'améliorer les connaissances sur les formes d'humus et la typologie.

Malgré tout, même en l'absence de résultats convaincants sur cette thématique, on peut tout de même supposer que les formes d'humus aient une importance considérable dans une étude écosystémique. En effet, comme cela l'a été supposé ou même prouvés par des études dans d'autres milieux (BERNIER & PONGE, 1993, 1994 ; PONGE, 2003), de par leurs liens privilégiés entre la végétation et le sol, les formes d'humus semblent permettre une meilleure compréhension du fonctionnement actuel des zones humides. De plus, même si les résultats de cette étude doivent être validés, elles semblent être très prometteuses dans l'identification de la stabilité ou la dynamique actuelle d'un milieu (cf. section 3.4) ou encore dans la détection de nombreux changements de fonctionnement dans un écosystème (cf. sections 3.4 et 4.2) puisqu'elles archivent et enregistrent les modifications à moyen terme.

Après réflexion, une étude portant sur moins de points et comportant des résultats d'analyses de laboratoire pour les premiers horizons afin de détecter les causes des changements de la végétation et de leur origine (Ntot, P, etc.), ainsi que de datations isotopiques du carbone auraient peut-être permis d'avoir des résultats plus convaincants.

Ainsi, pour les futures études très prometteuses en terme de résultats sur cette thématique d'utilisation des formes d'humus, que cela soit en milieu humide ou non, utiliser une démarche descriptive – provenant d'une approche synchronique – des formes d'humus comme dans cette thèse, nécessite plusieurs choses : il est important de savoir si une telle forme d'humus était déjà là auparavant pour avoir des résultats convaincants. Pour cela, les effets d'une absence de référence temporelle (ou d'anciens profils) sur les résultats pourraient être minimisés grâce à la réalisation d'analyses de laboratoire et de datations grâce aux isotopes du carbone. De plus, des analyses de laboratoire effectuées dans quelques horizons afin de vérifier les causes supposées et leur origine pourraient également être utiles et très informatives, tout en permettant également d'augmenter la pertinence des résultats trouvés. Aussi, comme cela l'a été démontré

dans cette thèse, il est nécessaire de prendre en compte les formes d'humus en prenant les références (nom) ainsi que leurs successions d'horizons : les horizons sont l'unité de fonctionnement fondamentale du sol et c'est à l'intérieur de ceux-ci que sont conservés les détails sur les changements ainsi que sur le fonctionnement intrinsèque de chaque couche (Baize & Girard, 2009 ; Gobat *et al.*, 2010).

5.1.5 Interférence ou complémentarité de l'utilisation des approches synchronique (par les formes d'humus) et diachronique (par les valeurs indicatrices de Landolt) dans la détection des changements de végétation

Comme dit dans le paragraphe précédent (cf. paragraphe 5.1.4), même en cas d'absence de formes d'humus anciennes comme points de comparaison, l'utilisation combinée des deux approches semble être très prometteuse dans la détection des changements de végétation. Elle sera d'autant plus porteuse de résultats pertinents et convaincants si des précautions pour minimiser les faux résultats sont prises (cf. fin du paragraphe 5.1.4).

Dans cette thèse, bien que les résultats doivent être validés, l'utilisation des formes d'humus (décrites dans une approche synchronique et insérées dans l'approche diachronique) semble avoir permis de détecter une tendance à l'assèchement dans de nombreux relevés des sites étudiés. Ce résultat, toujours supposé, peut être considéré comme allant à l'encontre des résultats, cette fois prouvés par les valeurs indicatrices de Landolt, qui indiquent que les sites étudiés sont plus humides qu'il y a 40 ans et ce notamment dans l'alliance du *Molinion* (cf. section 4.1 ; Rion *et al.*, in prep). Il y a donc une contradiction entre ce que démontrent les valeurs indicatrices de Landolt et ce que démontrent de façon supposée les formes d'humus. Comment expliquer cette contradiction ? **Cela signifie-t-il que les valeurs de Landolt sont fausses ? ou alors que les valeurs de Landolt ne sont pas applicables dans ces milieux ? Ou alors, cela signifie-t-il que la typologie des formes d'humus et l'interprétation faite sur les changements des formes d'humus est fausse ? Ou que ces formes d'humus et leur interprétation ne sont pas applicables dans ces milieux ?**

Les valeurs écologiques ou indicatrices d'Ellenberg (Ellenberg *et al.*, 1991 ; Ellenberg, 2010) et son système adapté pour la Suisse, les valeurs indicatrices de Landolt (Landolt, 1977 ; Landolt *et al.*, 2010), sont des outils essentiels et largement utilisés dans la science et l'écologie des plantes, reflétant notamment la qualité d'un habitat (Ellenberg, 2010 ; Landolt *et al.*, 2010 ; Biondi, 2011 ; Dingová Košuthová & Šibík, 2013). Cependant, il est vrai que leur application est souvent décriée : les résultats obtenus avec ces valeurs sont, selon plusieurs auteurs biaisés, ceci car elles n'ont pas été prises et mesurées réellement sur le terrain, et donc n'expriment pas les conditions écologiques réelles d'un milieu mais sont seulement une estimation (ter Braak & Gremmen, 1987 ; Nimis & Martellos, 2001 ; Wamelink *et al.*, 2002 ; Witte & Asmuth, 2003 ; Smart *et al.*, 2010 ; Balkovič *et al.*, 2012 ; Dingová Košuthová & Šibík, 2013). Par exemple, en ce qui nous intéresse ici dans cette étude, la valeur indicatrice de Landolt ou d'Ellenberg sur l'humidité (F) représente la quantité moyenne d'humidité présente dans le sol entier en été (Schaffers & Sýkora, 2000), et n'est donc qu'une estimation de ce paramètre. **Les valeurs de Landolt ne sont donc pas fausses mais représentent seulement une estimation ou une approche théorique**. Dans notre cas, ceci peut expliquer la contradiction mise en évidence par les formes d'humus : comme les formes d'humus sont des intégrateurs des conditions écologiques (Jabiol *et al.*, 2007 ; Ponge, 2003, 2013), il semble qu'une diminution même minime de la quantité d'eau dans le sol, et ce notamment en surface par exemple en cas d'asséchement et de nitrification accélérée, a un impact sur la dégradation de la matière organique et donc sur la forme d'humus. D'après ce qui vient d'être dit, un léger et même rapide assèchement en surface ne semble pas pouvoir être détecté par les valeurs indicatrices de Landolt, notamment parce que ces valeurs tiennent compte de la quantité d'eau présente dans le sol entier et non juste en surface ou dans la zone d'enracinement. Par conséquent, dans un sol montrant un assèchement en surface et restant plutôt humide en profondeur, les valeurs de Landolt ne pourront pas détecter cet assèchement puisque c'est une moyenne d'humidité. La valeur de Landolt indiquera par conséquent une valeur plutôt « humide », alors que seules les formes d'humus permettront de détecter cet assèchement.

Cette hypothèse semble également être confirmée par de nombreux auteurs, qui ont prouvé qu'une recalibration de ces valeurs écologiques ou indicatrices (et notamment des valeurs d'humidité et de l'azote) avec des mesures de terrain précises, permettent d'améliorer la validité des interprétations et des résultats d'une étude utilisant uniquement les valeurs écologiques (Ertsen *et al.*, 1998 ; Wamelink *et al.*, 2003 ; Wamelink *et al.*, 2005 ; Peppler-Lisbach, 2008 ; Seidling & Fischer, 2008).

Au niveau des formes d'humus, il ne faut pas oublier que les résultats sont des suppositions et qu'ils doivent être validés par de futures études. On ne peut donc pas exclure que les suppositions faites soient fausses. Cependant, malgré l'absence de référence temporelle (cf. paragraphe 5.1.3), les critères utilisés pour détecter des changements de conditions (cf. paragraphe 5.1.4) et pour estimer la survenue de ces modifications (épaisseur et position des horizons dans le profil) sont pertinents. La typologie des formes d'humus ainsi que l'interprétation qui a été faite sur les changements de ces dernières ne semblent donc pas être fausses mais doivent être validées. Concernant leur pertinence d'utilisation dans une

telle problématique de détection des causes des changements de végétation, comme cela l'a été dit précédemment (cf. paragraphe 5.1.4), celle-ci n'a pas pu être clairement démontrée par cette étude ni par la littérature qui est absente dans ces milieux humides. Par contre, comme cette utilisation semble établie dans d'autres milieux non humides (BERNIER & PONGE, 1994), il n'y a aucune raison qu'elle ne soit pas possible dans les milieux humides.

Ainsi, cette « contradiction observée » dans cette étude est bel et bien une preuve que ces deux approches sont complémentaires : la valeur indicatrice de Landolt est une estimation (ou approche théorique), qui est ensuite « recalibrée » par des observations issues directement du terrain, la forme d'humus. Ainsi, on peut déclarer qu'il est nécessaire d'utiliser et de combiner ces deux approches complémentaires pour détecter un maximum de causes dans les changements de végétation ou de l'écosystème, ainsi que de percevoir des différences dans la dynamique de la végétation entre les marais étudiés. Et ceci est valable que l'on ait ou non une référence temporelle de départ. Dans n'importe quelle étude de ce type, une approche de terrain (apportée par une étude de sol ou de forme d'humus par exemple) devrait être toujours ajoutée à une approche plus théorique des valeurs de Landolt pour permettre d'avoir des résultats convaincants, et même de mettre en évidence des causes cachées par l'une ou l'autre de ces approches.

5.1.6 Importance du bétail pour les marais

Cette thèse, notamment par les études descriptives du chapitre 3, a permis de détecter *in situ* des aspects de mosaïque dans la répartition des milieux végétaux, et ceci à une échelle plus fine qui correspond plus particulièrement à la répartition des espèces à l'intérieur d'un tapis végétal. Cette mosaïque est totalement liée aux conditions écologiques régnant sur les sites étudiés (régime hydrique, géologie, chimie de l'eau, etc) ainsi qu'à leur répartition ou position dans le paysage. Cependant, comme cela l'a été remarqué ici mais aussi dans d'autres études de zones humides (ADLER *et al.*, 2001 ; LOUCOUGARAY, 2003) ou non (KOHLER, 2004, 2006), le bétail a également une influence importante sur la répartition spatiale des milieux, et plus précisément sur la répartition des espèces végétales, et ce, même sur quelques centimètres d'écart. Les milieux humides des sites étudiés, et notamment les zones humides pâturées, sont complètement dépendants fonctionnellement et morphologiquement des vaches et de la pâture (WYL *et al.*, 1992).

De par ses effets sur l'intensité d'engorgement – qui est complètement lié au tassement des couches superficielles du sol (TOURNADE & BOUZILLÉ, 1991) – ainsi que sur la prolifération de ligneux et la progression d'espèces pouvant diminuer la quantité de lumière arrivant au sol (WYL *et al.*, 1992), la pâture semble avoir une influence positive dans ces milieux humides pour garantir une diversité de milieux humides fonctionnels : par exemple, le bétail a un rôle à jouer par broutage dans la limitation du développement des petits ligneux et d'autres espèces pouvant diminuer la quantité de lumière arrivant au sol. Bien sûr, il ne faut pas négliger qu'une pâture intensive ou non contrôlée, et ce notamment dans les milieux moins riches en nutriments originellement comme les bas-marais, peut avoir des effets désastreux : par exemple, on peut citer la destruction d'espèces végétales dû au piétinement, ainsi que la fertilisation directe et l'augmentation du pH dus aux apports d'azote par les excréments (WYL *et al.*, 1992). Ainsi, un système de pâture extensif, contrôlé, avec peu de têtes de bétail, et avec un bilan d'exportation favorable pour le paysan et la nature, est important à considérer dans les mesures de gestion de tous les milieux humides, puisqu'il permet de maintenir des conditions humides et donc la diversité propre des milieux concernés.

Ainsi, dans cette thèse, même si l'assèchement n'est pas confirmé par les futures études ou suivis, on ne peut pas nier que le fait de pâturer ces zones humides de façon extensive a une importance capitale sur leur fonctionnement et leur répartition, ainsi que sur la diversité paysagère.

5.1.7 Perspectives de conservation et de maintien des zones humides étudiées

La végétation et le fonctionnement des milieux humides sont complètement liés à l'hydrologie du milieu, ainsi qu'à la chimie de cette eau (taux en nutriments, en carbonates, pH). Des modifications mêmes modérées du régime hydrique (par exemple drainage, assèchement, déconnexion du milieu et de la nappe, etc.) ainsi que des pratiques agricoles (abandon ou intensification) ont des conséquences sur ces écosystèmes et sur leur dynamique. La survie et le maintien de ces biotopes et de leur biodiversité dépendent donc de **(1) la présence (quantité) ainsi que de la chimie de l'eau (teneurs en carbonates et en nutriments, pH)** ainsi que de **(2) la présence et de l'intensité des pratiques agricoles** (Figure 5.18). Ce sont donc ces deux facteurs qu'il faut contrôler pour assurer le maintien de ces écosystèmes, pour stopper leur dégradation et dans le meilleur des cas pour restaurer quelques milieux dégradés. Spécialement, les paramètres liés aux pratiques agricoles sont d'autant plus faciles à contrôler dans les sites étudiés puisque ce sont des éléments contre lesquels il est possible d'agir par une ré-introduction de la fauche et de la pâture. Par contre, une limitation de l'eutrophisation causée par les dépôts atmosphériques est beaucoup plus difficile à contrer.

Tout d'abord, afin de restaurer l'hydrologie des marais, et par conséquent de limiter et de contrer l'assèchement de

nature anthropique, il est nécessaire de boucher les nombreux drains existants.
Ensuite, la coupe de quelques grands arbres (épicéas et bouleaux uniquement) est également un bonne mesure pour limiter l'assèchement et l'ombrage qu'ils provoquent sur le marais (typicité, biodiversité, qualité, etc.). Sur le site du Sentier, des arbres ont été plantés ici et là et se sont propagés dans les marais et les prairies humides, limitant la lumière au sol et asséchant progressivement le marais (Figures 5.15, 5.16 et 5.17 ; Annexe A.3). La coupe de quelques-uns de ces arbres, notamment en bordure du lac, ainsi que le débroussaillage de ligneux plus jeunes et leur évacuation peuvent aussi être envisagés à l'intérieur des marais. Cependant, il est nécessaire de ne pas couper les saules, car ceux-ci repousseront de plus belle grâce à leurs rejets. L'impact négatif sur le régime hydrique du milieu sera ainsi plus grand qu'actuellement.

Ensuite, comme précisé plus haut, afin de limiter une des sources d'eutrophisation provenant des modifications des pratiques agricoles, une mesure à envisager est de ré-introduire une gestion agricole extensive de ces milieux, notamment sur les sites de La Burtignière et du Sentier. Ces sites, comme cela a déjà été signalé, sont constitués de nombreuses zones présentant de nombreux changements floristiques. Ces zones changées ne sont plus utilisées par l'agriculture et ont notamment été mises à ban et clôturées depuis 1997 (Le Cové SA, 1995). La reprise de ces pratiques agricoles sous forme de fauche et de gestion en pré à litière (avec évacuation de la litière), ou alors de pâture extensive, ne peut qu'avoir des aspects bénéfiques sur le maintien et la restauration des milieux. La fauche annuelle de ces marais est utile pour empêcher le développement de ligneux et donc l'assèchement du marais, et permet aussi par conséquent d'apporter plus de lumière au niveau du sol mais également d'empêcher l'eutrophisation et la fermeture du marais et de réduire l'évapotranspiration (par rapport à un milieu non fauché). En ce qui concerne la pâture, il est nécessaire que les pâturages encore utilisés actuellement situés aux alentours des marais soient gérés de façon extensive, avec un nombre de têtes de bétail adéquat, ceci pour limiter l'apport de nutriments par ruissellement dans les marais à proximité. En soupçonnant le pâturage environnant d'apporter des nutriments au marais, cela signifie que les zones tampons, qui jouent normalement et justement le rôle de piégeage de nutriments et donc de protection (Marti & Müller, 1994), sont dans les sites d'étude peu efficaces et/ou insuffisantes. Il faudrait donc s'assurer que ces zones tampons soient suffisamment grandes et actives, et le cas échéant, en agrandir la surface ou en créer des nouvelles. De plus, quelques marais de La Burtignière (autour des hauts-marais de La Burtignière et du Carre) et du Sentier, dans les zones où la dynamique a changé de bas-marais à mégaphorbiaies humides peuvent, en plus de la fauche annuelle, être pâturées extensivement. Le bétail pourra sans doute limiter le développement de petites pousses ligneuses ou autres comme la reine des prés par exemple. La pâture, et plus précisément son bilan d'exportation positif pour leur milieu, empêchera l'auto-eutrophisation du marais et permettra à la lumière d'arriver au sol protégeant ainsi les diverses espèces typiques qu'il contient. De plus, elle limitera l'évapotranspiration du milieu. Cependant, afin de limiter l'impact du bétail sur le marais (piétinement et eutrophisation directe à cause des excréments), il est nécessaire de ne pas parquer les vaches dans un seul endroit fermé, mais de laisser cette zone ouverte en connexion avec le pâturage voisin, ceci pour permettre aux vaches d'aller librement d'un coin à un autre. En effet, pour que la pâture joue son rôle dans la préservation des milieux, il est très important de s'assurer que, premièrement, le nombre de vaches soit adéquat pour limiter les dégâts, et deuxièmement, que le bétail ne fasse que de transiter par le marais pour aller manger et qu'il n'y rumine pas. En effet, ce dernier cas aurait un effet d'eutrophisation non voulu, puisque cela serait un risque non négligeable de concentration de nutriments en un endroit. De manière générale, ceci devrait être évité par le bétail, car comme remarqué par (Wyl *et al.*, 1992), celui-ci n'aime pas vraiment l'eau. Il ne va donc aller dans le marais que pour manger et va se dépêcher d'en sortir pour aller ruminer ailleurs dans un coin plus sec.

Pâturage aux alentours des lacs des Mortes et de Bellefontaine à Chapelle-des-Bois.

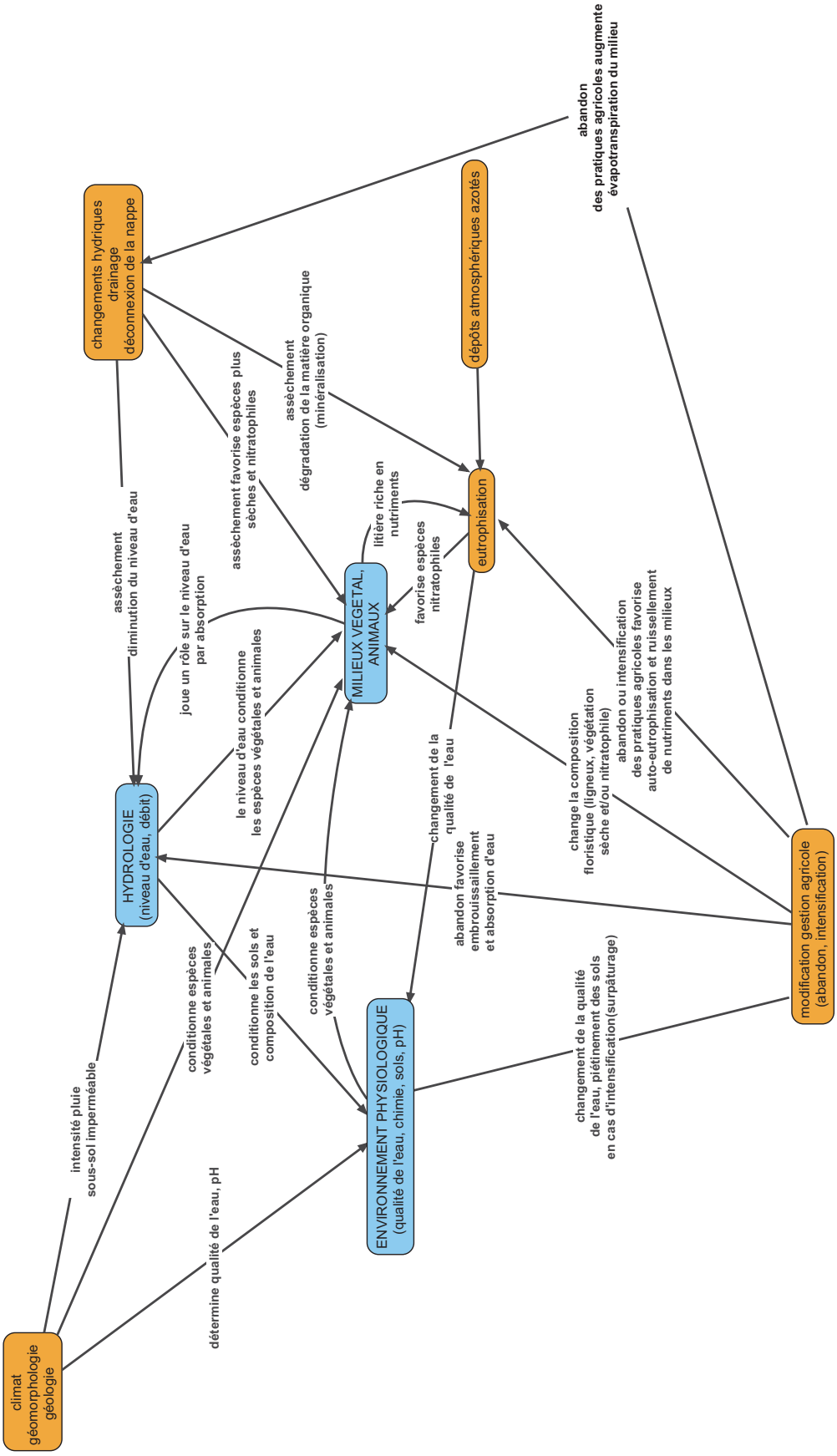


Figure 5.18 : Liens déterminés par la théorie ainsi que par les résultats obtenus dans cette thèse entre différents paramètres et facteurs importants dans les zones humides. En jaune, les différents facteurs ou paramètres qui influencent les différents composants ou caractéristiques d'un écosystème humide (en bleu).

Figure 5.19 : Zone photographiée en 2014 sur le site de La Burtignière représentant différentes zones de tourbières, avec bas- et hauts-marais (en haut : tourbière de La Burtignière ; en bas, à gauche : tourbière du Carre ; en bas, à droite : autre tourbière derrière La Burtignière). Dès 1996, une barrière empêchait les vaches de pénétrer dans la tourbière et était placée beaucoup plus en avant de la photo (vers les reines des prés en gris). En 2014, la barrière a été déplacée plus proche du haut-marais (à la limite de la partie grise et rosée) en vue d'essais de pâture.

5.2 Limites et perspectives

De manière générale, les méthodes utilisées dans cette thèse, qui combine l'utilisation d'approches synchronique et diachronique, ont permis d'obtenir une meilleure connaissance des sols, des formes d'humus, de la végétation ainsi que des relations existantes entre eux dans les marais étudiés. Elles se sont aussi révélées capables de détecter l'évolution de ces milieux, globalement ou à plus petite échelle, ainsi que les causes des changements sur un laps de temps de quelques décennies.

Cependant, quelques limites et perspectives de cette thèse peuvent être signalées.

Concernant les descriptions des sols et des formes d'humus, l'utilisation d'une tarière et notamment d'une tarière canal (qui se prête particulièrement bien aux marais qui ont généralement très peu de cailloux) ou d'une tarière classique peut poser des problèmes lors de la détermination de la texture et de l'épaisseur des horizons. En effet, avec une tarière, il peut y avoir des tassements ainsi que des mélanges d'horizons en enfonçant puis en retirant la tarière du sol. Par ailleurs, les épaisseurs peuvent ne pas correspondre totalement à celles que l'on aurait obtenues en creusant une fosse pédologique. Cependant, l'utilisation d'une tarière pour une description de sols et de formes d'humus est un bon compromis : c'est une méthode peu invasive (ce qui n'est pas négligeable pour ces milieux fragiles), qui donne rapidement de bonnes informations. Elle permet également de faire un maximum de prospections de sol dans un temps assez court et sur une large étendue, ce qui permet au final d'avoir un maximum d'informations pertinentes et générales sur le fonctionnement de l'écosystème.

Par ailleurs, concernant la détermination des caractéristiques des sols et des formes d'humus, seuls des descripteurs issus du terrain, comme le pH Hellige, la réaction à l'HCl 6M et quelques autres (cf. sections 3.2 et 3.3) ont été utilisés. Il aurait été bien d'effectuer les analyses de laboratoire (les plus courantes, pour avoir par

exemple un aperçu de la proportion de nutriments, la granulométrie, etc.) sur tous les horizons et non pas uniquement sur ceux qui posaient problème lors de leur détermination. Ceci aurait permis de faire d'autres statistiques en utilisant ces paramètres issus du laboratoire, ce qui aurait pu permettre par exemple d'établir les caractéristiques de chaque sondage de façon vraiment statistique. En effet, lors des statistiques sur les sols et les formes d'humus (cf. sections 3.2, 3.3 et 3.4), les résultats des analyses effectuées sur les quelques horizons n'ont pas pu être pris en compte dans les statistiques, car ces résultats n'étaient pas disponibles pour tous les horizons présents dans tous les profils. Cependant, dans une telle étude, composée de 117 sondages de sols qui eux-mêmes sont composés d'un nombre important d'horizons, ceci aurait rendu les analyses de laboratoire très longues et très coûteuses. L'utilisation des descripteurs issus du terrain dans la caractérisation des sols et des formes d'humus est donc un bon compromis, même si, parfois, l'interprétation des résultats aurait pu être mieux soutenue avec des analyses supplémentaires.

La détermination sur le terrain des horizons histiques a parfois posé des problèmes. En effet, le taux de fibres d'un horizon est très difficile à estimer *in situ*. Ainsi, il se peut que le taux de fibres de ces horizons ait été parfois sous-estimé, amenant ces horizons à être considérés comme des horizons sapriques alors que les analyses de laboratoire les auraient classés comme horizons mésiques. Le décalage des perceptions dans ce sens est en effet plus fréquent que dans l'autre (GOBAT, comm. pers.). Aussi, afin d'avoir une mesure précise de la dégradation de ces horizons, il aurait peut-être été utile de faire des analyses de laboratoire spécifiques comme la perte au feu, le taux de fibres et l'indice pyrophosphate notamment sur tous les horizons histiques. Cela aurait permis de lever tous les doutes concernant l'état de dégradation de la matière organique et le classement des horizons H en Hf, Hm et Hs. A noter également, la difficulté sur le terrain de distinguer un horizon Hsnoz et Hszo, surtout en conditions humides.

Concernant l'étude diachronique, de manière générale, une telle étude est plus fiable lorsque l'on utilise la relocalisation exacte d'anciens relevés (carrés permanents). Cependant, le fait de ne pas avoir la position exacte avec coordonnées GPS des anciens relevés n'a pas empêché d'obtenir d'excellents résultats sur les changements de végétation. En effet, l'utilisation des divers descripteurs relevés par GALLANDAT (1982) dans ses notes, cahiers de terrains, croquis et sur ses cartes phytosociologiques, ainsi que le grand nombre de relevés relocalisés ont été un bon compromis pour assurer la fiabilité des résultats. Ces anciens relevés, et de manière générale tous les anciens relevés, constituent une importante source d'informations réutilisables. Pour évaluer les changements des zones explorées dans le futur, les relevés faits en 2012 sont tous relocalisables à 3 mètres près par GPS, et donc utilisables pour suivre l'évolution future de ces milieux. Vu la précaution prise par GALLANDAT (1982) pour fixer ses surfaces d'étude hors de tout effet de bordure – une précaution que nous avons vérifiée à chaque fois – une erreur à 3 mètres près ne portera pas à conséquence si un relevé doit être refait au même endroit.

Dans l'identification des causes des changements de végétation, l'utilisation des formes d'humus semble avoir permis de détecter une tendance à l'assèchement de certains relevés qui n'avait pas été révélée par les valeurs indicatrices de Landolt. L'utilisation conjointe de ces deux paramètres a permis d'obtenir des résultats supposés sur les causes des changements floristiques, en mettant notamment en évidence l'importance qu'ont l'homme et les pratiques agricoles sur ces milieux humides. Cependant, une analyse approfondie des formes d'humus, comme l'analyse Ponge (PONGE, 1984) qui permet de comparer les origines des matières végétales et organiques présentes dans les horizons par une étude des macrorestes, aurait pu être envisagée afin de savoir dans quelle portion du sol la végétation a commencé à changer et avoir la phénologie des changements. Par ailleurs, l'utilisation d'autres facteurs issus d'analyses de laboratoire complètes pour tous les horizons, comme dit précédemment, aurait pu permettre d'effectuer des statistiques plus précises sur les causes des changements de végétation, comme des RDA par exemple. De plus, comme l'eutrophisation n'est que supposée par les formes d'humus, des analyses dans les premiers horizons sur le N total, N organique et N minéral (méthode Kjeldahl ; LABORATOIRE SOL & VÉGÉTATION, 2007) permettraient de confirmer ou non ainsi que caractériser cette augmentation d'azote. Le calcul du ratio C/N serait également une bonne mesure du taux de la dégradation de la matière organique dans un horizon, et permettrait également d'avoir une valeur précise du taux de carbone et d'azote présent dans le sol/horizon et de caractériser l'origine de cette eutrophisation, comme par exemple de vérifier la cause de la déprise agricole avancée dans cette thèse (SEEBER & SEEBER, 2005). Des mesures Rock-Eval pourraient également être intéressantes pour distinguer les composants de la matière organique présente dans chaque profil de sol/forme d'humus et de quantifier son état de dégradation (DISNAR *et al.*, 2003 ; SEBAG *et al.*, 2006 ; SAENGER, 2013). Ceci permettrait de voir l'influence du couvert végétal sur la dynamique de la matière organique.

Des mesures sur les eaux des sites étudiés pourraient également être envisagées et permettraient d'avoir, d'une part, une idée sur les fluctuations du régime hydrique (SURRIDGE *et al.*, 2005), et d'autre part, la chimie de l'eau ainsi que sa composition et son origine grâce à des analyses isotopiques du carbone, de l'oxygène et de l'hydrogène (AIKEN *et al.*, 1998).

Il serait également utile d'avoir une estimation du moment où ont eu lieu les changements détectés grâce à la géochimie organique (grâce aux isotopes du carbone principalement), ceci pour augmenter la pertinence des

résultats obtenus. Pour n'importe quelle étude dans le même domaine et ne comportant aucune référence temporelle, ces analyses sont primordiales pour avoir un point zéro pour les comparaisons. L'utilisation et l'étude de bio-indicateurs comme les amibes à thèque, peut également apporter des informations sur les conditions écologiques passées et actuelles des milieux. En effet, ces animaux sont reconnus pour réagir très rapidement aux changements écologiques (BUTTLER *et al.*, 1996 ; MITCHELL *et al.*, 2007 ; MITCHELL *et al.*, 2008). Par ailleurs, leur thèque, une fois l'amibe morte, se conserve dans le sol, ce qui permet, après son identification, de reconstituer les conditions du milieu à l'époque où l'horizon s'est formé. Cela pourrait être envisagé dans une étude future, afin d'affirmer ou infirmer les conclusions et suppositions de cette thèse.

Au niveau des pratiques agricoles, des informations étaient disponibles pour les sites de la Vallée de Joux, notamment avec les plans de gestion anciens de 1997 (LE COVÉ SA, 1995) et actuels (MAIBACH, 2013), mais pas pour le site de Chapelle-des-Bois. Pour ce dernier, les pratiques agricoles actuelles ont été résumées et généralisées à ce qui a été vu sur le terrain lors des campagnes d'échantillonnage (période d'un an, avec plusieurs jours différents sur le terrain ; de juin à août, végétation en 2012, sols et formes d'humus en 2013) ainsi que lors de mes autres visites photographiques en automne ou mes vacances en hiver sur ce site. Concernant les pratiques agricoles anciennes, celles-ci ont été généralisées à ce qui m'a été déclaré dans le village par le maire et le personnel de la fromagerie biologique de Chapelle-des-Bois, notamment que ces milieux ont toujours été exploités de façon biologique depuis 1977. Pour assurer les conclusions ainsi que les généralisations présentées ci-dessus sur les pratiques agricoles, une recherche approfondie avec entretiens auprès des agriculteurs par exemple permettrait d'avoir des détails pour chaque relevé sur les pratiques passées et actuelles. Cela pourrait être envisagé dans une étude future, afin d'affirmer ou infirmer les conclusions de cette thèse sur les pratiques agricoles. Cependant, il faut toujours tenir compte que de tels entretiens sont difficiles à réaliser : dans les cas où l'exploitant actuel n'est pas le même que par le passé, il se peut qu'il ne connaisse pas du tout l'historique de la parcelle. De plus, retrouver chaque exploitant, anciens notamment, peut s'avérer relativement difficile et fastidieux. Et la mémoire humaine n'est souvent pas aussi fiable que l'on croit, surtout quand il s'agit de remonter à plusieurs années en arrière…

Et, bien sûr, la détection des causes des changements de végétation aurait été encore plus sûre si les anciens relevés de GALLANDAT avaient possédé des informations ou des données sur les formes d'humus et les sols à cette époque-là. Cependant, cette thèse-ci, complète au niveau des sols, des formes d'humus et de la végétation actuelles, pourra jouer le rôle de point de départ pour une future comparaison ou un suivi des différentes zones ainsi que des trois sites dans plusieurs années.

Lacs des Mortes et de Bellefontaine sur le site de Chapelle-des-Bois. Le village de Chapelle-des-Bois se trouve sur la droite de la photo (prise en 2013 depuis la Roche Bernard).

CHAPITRE 6

CONCLUSION

6 CONCLUSION

Les résultats obtenus dans cette recherche, tant grâce à l'étude synchronique qu'à l'étude diachronique, indiquent que les milieux humides présents dans les sites d'étude ont subi des transformations par le passé et en subissent encore actuellement, notamment à cause de l'homme. En effet, comme constaté par de nombreuses études sur des milieux humides tout autour du globe, ceux des sites étudiés, même s'ils sont situés dans un contexte mésoclimatique particulier qui les favorisent, sont eux aussi particulièrement menacés par l'eutrophisation des sols. Celle-ci provient soit d'un changement de régime hydrique, soit d'apports externes (pollution ou dépôts atmosphériques), soit encore d'un changement dans les pratiques agricoles dû à des raisons économiques (arrêt de la fauche et/ou de la pâture) ou de l'existence de canaux de drainage. Ainsi, dans les sites d'étude et plus généralement dans n'importe quelle région ou pays, le maintien de pratiques agricoles extensives et d'un régime hydrique adéquat sont des facteurs déterminants et pouvant être contrôlés pour garantir la pérennité des milieux humides. Une quelconque modification de l'un d'eux a potentiellement des répercussions dommageables sur les milieux, notamment sur leur biodiversité et leur composition floristique, mais a également un impact important sur le fonctionnement général et l'esthétique du paysage des montagnes jurassiennes.

Par ailleurs, cette étude a permis d'augmenter les connaissances des différentes typologies en milieu humide, et notamment celle des formes d'humus. Cependant, elle n'a pas pu clairement démontrer que l'utilisation des formes d'humus dans un tel contexte de changement de végétation en milieu humide est pertinente. En effet, la méconnaissance des formes d'humus en milieux humides ainsi que l'absence de référence temporelle dans cette thèse, nous pousse à conclure que les formes d'humus ne semblent pas être utilisables à l'heure actuelle dans la détection des changements de végétation en milieux humides, et que c'est la végétation qui est quant à elle très informative pour comprendre les changements dans les formes d'humus. Cependant, l'utilisation de ces formes d'humus en tant que détecteur des causes des modifications floristiques semblent être prometteuse (après validation et d'autres études). En effet, de par leur lien privilégié entre la végétation et le sol, les formes d'humus peuvent avoir plusieurs utilités :

(1) l'utilisation des formes d'humus semble permettre d'émettre des hypothèses sur la stabilité et l'état de conservation actuel de l'écosystème, mais également sur des changements potentiels en cours au niveau de sa dynamique.

(2) Utilisées dans un approche diachronique, les formes d'humus ont certainement une utilité encourageante dans la détection des changements de fonctionnement dans un écosystème, avec leurs causes. Plus précisément, dans cette étude, même si les résultats ne sont que des suppositions et doivent être validés, une tendance à l'assèchement dans quelques marais, et non révélée par les valeurs indicatrices de Landolt, a été supposée grâce aux formes d'humus. L'utilisation de ces deux approches a permis d'obtenir des résultats (supposés et à valider par des études futures), sur les causes des changements floristiques, en mettant en évidence l'importance qu'a l'homme sur ces milieux humides, avec notamment l'influence qu'ont les changements de pratiques agricoles sur un écosystème.

Ainsi, de manière générale, tant que les pensées d'un modèle économiquement rentable mais sans donner de valeur aux écosystèmes naturels ou semi-naturels perdureront, les écosystèmes étudiés continueront d'être perturbés et de voir leur qualité diminuer. De plus, comme c'est le cas pour de nombreux autres écosystèmes semi-naturels, créés par des siècles ou des millénaires d'agriculture, la survie des zones humides dépend particulièrement des activités humaines, avec notamment une gestion ciblée. Dans ce contexte, de nouvelles mesures de gestion tenant compte de tous les facteurs essentiels à la survie de ces milieux et possibles à modifier, comme **la présence et la chimie de l'eau** (teneurs en carbonates et en nutriments notamment) et **la présence de pratiques agricoles extensives (fauche et pâture)**, sont nécessaires afin de limiter ces modifications et maintenir au mieux ces milieux ainsi que leur fonctionnement. Une agriculture doit donc être d'une part économiquement rentable pour perdurer, mais doit également être extensive pour favoriser le maintien de ces milieux. De plus, l'implication entière des agriculteurs ou des exploitants dans la gestion ciblée de ces milieux semi-naturels ne peut avoir que des bénéfices : les milieux humides seront protégés, et les agriculteurs, en plus d'en tirer du fourrage ou des surfaces de pâture pour leur bétail, seront mieux informés sur la nécessité de maintenir ces milieux humides au sein du paysage.

CHAPITRE 7

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ADLER, P., RAFF, D., & LAUENROTH, W. (2001). The effect of grazing on the spatial heterogeneity of vegetation. *Oecologia*, *128*(4), 465–479.

AERTS, R., WALLEN, B., & MALMER, N. (1992). Growth-limiting nutrients in *Sphagnum*-dominated bogs subject to low and high atmospheric nitrogen supply. *Journal of Ecology*, *80*, 131–140.

AESCHIMANN, D., BINZ, A., PALESE, R., ARNOUX, A.-F., BURDET, H. M., & PERRET, P. (2005). *Flore de la Suisse et des territoires limitrophes: le nouveau Binz* (3e éd. (réimpr. de la 2e éd. de 1994). Berne [etc.]: Haupt.

AIKEN, G. R., ACHIM, A., AMUNDSON, R. G., LUIS, A. A., ARAVENA, R. O., BARNES, C. J., … ZHANG, Y. (1998). *Isotope tracers in catchment hydrology*. (C. Kendall, J. J. McDonnell, & C. K. J. McDONNELL, Eds.). Amsterdam: Elsevier, Edited by Kendall and McDonnell.

AUBERT, D. (1934). Le chevauchement de la Dent de Vaulion. *Bulletin de La Société Vaudoise Des Sciences Naturelles*, *58*, 204–208.

AUBERT, D. (1938). Les glaciers quaternaires d'un bassin fermé : la Vallée de Joux, Canton de Vaud. *Bulletin de La Société Vaudoise Des Sciences Naturelles*, *60*, 117–130.

AUBERT, D. (1941). Atlas géologique de la Suisse, 1:25'000. Berne: A. Francke S.A.

AUBERT, D. (1943). *Monographie géologique de la Vallée de Joux (Jura vaudois)*. Université de Neuchâtel, Institut de Géologie.

AUBERT, D. (1987). Guide géologique de la Vallée de Joux. Feuille d'Avis de la Vallée de Joux - Le Brassus.

AUSTIN, W. J., & ASLAN, A. (2001). Alluvial pedogenesis in Pleistocene and Holocene Mississipi River deposits: effects of relative sea-level change. *Geological Society of America Bulletin*, (113), 1456–1466.

BAATTRUP-PEDERSEN, A., LARSEN, S. E., MEJLHEDE, P., AUDET, J., HOFFMAN, C. C., ANDERSEN, H. E., … KRONVANG, B. (2011). Stream characteristics and their implications for the protection of riparian fens and meadows. *Freshwater Biology*, *56*(9), 1893–1903.

BACKEUS, I. (1972). Bog vegetation re-mapped after sixty years, studies on Skagershultamossen, central Sweden. *Oikos*, *23*(3), 384–393.

BAILLY, G. (2008). Typologie et cartographie des milieux ouverts des zones humides du plateau de la Réverotte. *Conservatoire Botanique de Franche-Comté, DIREN Franche-Comté*, 58.

BAILLY, G., FERREZ, Y., GUYONNEAU, J., & SCHAEFER, O. (2007). Étude et cartographie de la flore et de la végétation de dix lacs du massif jurassien. Petit et Grand lacs de Clairvaux (Jura), lac du Vernois (Jura), lac du Fioget (Jura), lac de Malpas (Doubs), lac de Remoray (Doubs), lac de Saint-Point (Doubs), lacs de Bellefontaine et des Mortes (Jura et Doubs) et lac des Rousses (Jura). *Conservatoire Botanique de Franche-Comte*, 132.

BAIZE, D., & GIRARD, M. C. (2009). *Référentiel pédologique 2008*. Quae éditions.

BALKOVIČ, J., KOLLÁR, J., & ŠIMONOVIČ, V. (2012). Experience with using Ellenberg's R indicator values in Slovakia: Oligotrophic and mesotrophic submontane broad-leaved forests. *Biologia*, *67*(3), 474–482.

BAKKER, J. P., OLFF, H., WILLEMS, J. H., & ZOBEL, M. (1996). Why do we need permanent plots in the study of long-term vegetation dynamics? *Journal of Vegetation Science*, *7*(2), 147–156.

BARBER, K. E. (1993). Peatlands as scientific archives of past biodiversity. *Biodiversity and Conservation*, *2*, 474–489.

BARDAT, J., BIORET, F., BOTINEAU, M., BOULLET, V., DELPECH, R., GÉHU, J.-M., HAURY, J., LACOSTE, A., RAMEAU, J.-.C., RYER, J.-.M., ROUX, G., & TOUFFET, J. (2004). *Prodrome des végétations de France*. Publications Scientifiques du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, FR.

BARNAUD, G., & FUSTEC, E. (2007). *Conserver les milieux humides : pourquoi ? Comment ?*. Educagri Editions.

BECKER, M. (1972). Étude des relations sol-végétation en conditions d'hydromorphie dans une forêt de la plaine Lorraine. *Annales Des Sciences Forestières*, *29*(2), 143–182.

BENNIE, J., HILL, M. O., BAXTER, R., & HUNTLEY, B. (2006). Influence of slope and aspect on long-term vegetation change in British chalk grasslands. *Journal of Ecology*, *94*(2), 355–368.

BERENDSE, F., VAN BREEMEN, N., RYDIN, H., BUTTLER, A., HEIJMANS, M., HOOSBEEK, M. R., … others. (2001). Raised atmospheric CO2 levels and increased N deposition cause shifts in plant species composition and production in *Sphagnum* bogs. *Global Change Biology*, *7*(5), 591–598.

BERGAMINI, A., & PAULI, D. (2001). Effects of increased nutrient supply on bryophytes in montane calcareous fens. *Journal of Bryology*, *23*, 331–339.

BERGAMINI, A., PEINTINGER, M., FAKHERAN, S., MORADI, H., SCHMID, B., & JOSHI, J. (2009). Loss of habitat specialists despite conservation management in fen remnants 1995–2006. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, *11*(1), 65–79.

BERNARD, J. (1996). *Paléoenvironnement du Pays-de-Retz et du Marais Breton-Vendéen*. Université de Nantes, Nantes.

BERNIER, N., & PONGE, J.-F. (1993). Dynamique et stabilité des humus au cours du cycle sylvogénétique d'une pessière d'altitude. *Comptes Rendus de l'Académie Des Sciences de Paris, Série 3, Sciences de La Vie*, *316*(7), 647–651.

BERNIER, N., & PONGE, J.-F. (1994). Humus form dynamics during the sylvogenetic cycle in a mountain spruce forest. *Soil Biology and Biochemistry*, *26*(2), 183–220.

BERNIER, N., PONGE, J.-F., & ANDRÉ, J. (1993). Comparative study of soil organic layers in two bilberry-spruce forest stands (*Vaccinio-Piceetea*). Relation to forest dynamics. *Geoderma*, *59*(1), 89–108.

BERNIER, N., & GILLET, F. (2012). Structural relationship smong vegetation, soil fauna and hums in a subalpine forest ecosystem: a hierarchical multiple factor analysis (HMFA). *Pedobiologia*, *55*, 321–334.

BERSET, J. (1969). Pâturages, prairies et marais montagnards et subalpins des Préalpes fribourgeoises. *Bulletin de La Société Fribourgeoise Des Sciences Naturelles*, *58*, 1–55.

BICHET, V., & Campy, M. (2009). *Montagnes du Jura : Géologie et Paysages* (2ème édition.). Neo Editions.

BIONDI, E. (2011). Phytosociology today: Methodological and conceptual evolution. *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, *145*(sup1), 19–29.

BOBBINK, R., & HETTELINGH, J. P. (2011). Chapter 6 : effects of nitrogen deposition on mire, bog and fen habitats (EUNIS Class D). In *Review and revision of empirical critical loads and dose-response relationships: Proceedings of an expert workshop, Noordwijkerhout*.

BOBBINK, R., HICKS, K., GALLOWAY, J., SPRANGER, T., ALKEMADE, R., ASHMORE, M., … others. (2010). Global assessment of nitrogen deposition effects on terrestrial plant diversity: a synthesis. *Ecological Applications*, *20*(1), 30–59.

BOBBINK, R., HORNUNG, M., & ROELOFS, J. G. M. (1998). The effects of air-borne nitrogen pollutants on species diversity in natural and semi-natural european vegetation. *Journal of Ecology*, *86*(5), 717–738.

BOLLENS, U. (2000). *Effects of nutrient inputs and water regime on wetland vegetation and the performance of wetland species*. Swiss Federal Institute of Technology Zürich.

BOLLENS, U., GÜSEWELL, S., & KLÖTZLI, F. (2001). Vegetation changes in two Swiss fens affected by eutrophication and dessication. *Botanica Helvetica*, *111*(2), 121–137.

BOLLER-ELMER, K. C. (1977). *Stickstoff-Düngungseinflüsse von Intensiv-Grünland auf Streu- und Moorwiesen*. Zürich: Geobotanisches Institut der ETH Stiftung Rübel.

BORCARD, D., GILLET, F., & LEGENDRE, P. (2011). *Numerical ecology with R*. Springer Science+ Business Media.

BORMANN, B. T., & SIDLE, R. C. (1990). Changes in Productivity and Distribution of Nutrients in a Chronosequence at Glacier Bay National Park, Alaska. *The Journal of Ecology*, *78*(3), 561.

BORNEBUSCH, C. H. (1930). The fauna of forest soil. *Det Forstlige Forsøgsvaesen*, *20*, 1–158.

BOUËT, M. (1957). L'orage et le brouillard à la Vallée de Joux. *Bulletin de La Société Vaudoise Des Sciences Naturelles*, *66*, 433.

BOUËT, M. (1985). *Climat et météorologie de la Suisse romande* (Nouv. éd., revue et mise à jour.). Lausanne: Payot.

BRADY, N. (1990). *The nature and properties of soils* (10th edition.). New York: Macmillan.

BRAGAZZA, L., TAHVANAINEN, T., KUTNAR, L., RYDIN, H., LIMPENS, J., HAJEK, M., … GERDOL, R. (2004). Nutritional constraints in ombrotrophic *Sphagnum* plants under increasing atmospheric nitrogen deposition in Europe. *New Phytologist*, *163*(3), 609–616.

BRAGG, O., & LINDSAY, R. (2003). *Strategy and action plan for mire and peatland conservation in Central Europe.* (p. 94). Wageningen.

BRANT, V., PIVEC, J., VENCLOVÁ, V., SOUKUP, J., & HOLEC, J. (2006). The influence of different soil vegetation covers onto the

volumetric water content in upper soil layers. *Plant soil and environment 52*(6), 275.

BRAUN-BLANQUET, J. (1948). La végétation alpine des Pyrénées orientales. *Monogr. Estacion Est. Piren*, (98), 306.

BRAUN-BLANQUET, J. (1964). *Pflanzensoziologie; Grundzüge der Vegetationskunde,*. Wien; New York: Springer-Verlag.

BRESSOUD, B. (1993). Les Hauts-marais, les marais de transition et les zones alluviales d'importance nationale en Valais. *Bulletin Murithienne*, *111*, 133–150.

BRESSOUD, B., & CHARLIER, P. (1995). Aperçu des unités de végétation de l'inventaire des bas-marais. In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1). Berne: OFEFP.

BRESSOUD, B., & GIUGNI, G. (1996). Description des groupements des marais à petites laîches. In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1). Berne: OFEFP.

BRIDGHAM, S. D., FAULKNER, S. P., & RICHARDSON, C. J. (1991). Steel rod oxidation as a hydrologic indicator in wetland soils. *Soil Science Society of America Journal*, *55*(3), 856–862.

BROGGI, M. F. (1990). *Inventaire des bas-marais d'importance nationale: projet mis en consultation*. Berne: OFEV/OFEFP.

BROLL, G., MERBACH, W., & PFEIFFER, E.-M. (Eds.). (2002). *Wetlands in Central Europe*. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

BRUCKERT, S., & GAIFFE, M. (1980). Analyse des facteurs de formation et de distribution des sols en pays calcaire glaciaire ou karstique. Plaine de Frasne-Bonnevaux et Montagne du Laveron, Jura Central. *Ann Sci Univ Besançon Biol Vég*, *4*(1), 19–65.

BRUCKERT, S., & GAIFFE, M. (1990). Les systèmes de subsurface sol-roche, modèles de pédogénèses. Exemples des domaines karstique et non karstique de Franche-Comté. *Science Du Sol*, (28), 319–332.

BÜHLER, C., & ROTH, T. (2011). Spread of common species results in local-scale floristic homogenization in grassland of Switzerland: Floristic homogenization in Swiss grassland. *Diversity and Distributions*, *17*(6), 1089–1098.

BULLINGER-WEBER, G. (2007). *Alluvial soils in the Swiss Alps: historical, geomorphological and pedogenetic aspects*. Université de Neuchâtel, Laboratoire Sol & Végétation, Neuchâtel.

BULLINGER-WEBER, G., Le BAYON, R.-C., GUENAT, C., & GOBAT, J.-M. (2007). Influence of some physicochemical and biological parameters on soil structure formation in alluvial soils. *European Journal of Soil Biology*, *43*(1), 57–70.

BUREAU, F., GUENAT, C., HUBER, K., & VÉDY, J. C. (1994). Dynamique des sols et de la végétation en milieu alluvial carbonaté. *Ecologie*, *25*(4), 217–230.

BUTTLER, A. (1987). *Etude écosystémique des marais non boisés de la rive sud du lac de Neuchâtel (Suisse) : Phytosociologie, pédologie, hydrodynamisme et hydrochimie, production végétale, cylces biolgéochimiques et influence du fauchage sur la végétation.* Université de Neuchâtel, Laboratoire de phytosiologie et d'écologie végétale, Neuchâtel.

BUTTLER, A., WARNER, B. G., GROSVERNIER, P., & MATTHEY, Y. (1996). Vertical patterns of testate amoebae (Protozoa: Rhizopoda) and peat-forming vegetation on cutover bogs in the Jura, Switzerland. *New Phytologist*, *134*(2), 371–382.

CAMPBELL, D. A., COLE, C. A., & BROOKS, R. P. (2002). A comparison of created and natural wetlands in Pennsylvania, USA. *Wetlands Ecology and Management*, *10*(1), 41–49.

CARRERA, E., & BRODARD, N. (2014). *Etude de la dynamique de marais de la Vallée de Joux (VD) - Etude de la végétation et des formes d'humus le long d'un transect - Cartographie des sols.* Neuchâtel: Laboratoire Sol & Végétation.

CH2011. (2011). Swiss climate change scenarios CH2011. *C2SM, MeteoSwiss, ETH, NCCR Climate, and OcCC, Zurich*, 88.

CH2014-IMPACTS. (2014). *Toward quantitative scenarios of climate change. Impacts in Switzerland.* (p. 136). Bern: published by OCCR, FOEN, MeteoSwiss, C2SM, Agroscope and ProClim.

CHAMBRE D'AGRICULTURE DE LA GIRONDE. (2005). Compactage et décompactage. *Avenir Agricole & Viticole Aquitain*, (708), 1–6.

CHAPIN III, F. S., SHAVER, G. R., GIBLIN, A. E., NADELHOFFER, K. J., & LAUNDRE, J. A. (1995). Responses of arctic tundra to experimental and observed changes in climate. *Ecology*, 694–711.

CHAPMAN, S. B., & ROSE, R. J. (1991). Changes in the Vegetation at Coom Rigg Moss National Nature Reserve within the Period 1958-86. *Journal of Applied Ecology*, *28*(1), 140–153.

Chapman, S., Buttler, A., Francez, A.-J., Laggoun-Defarge, F., Vasander, H., Schloter, M., … Mitchell, E. A. D. (2003). Exploitation of northern peatlands and biodiversity maintenance: a conflict between economy and ecology. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *1*(10), 525–532.

Chappuis, J.-B. (1993). *Protéger la nature: guide pratique de la protection de la nature et du paysage* (2e éd.). Bâle : Lausanne ; Paris: Ligue suisse pour la protection de la nature ; Delachaux et Niestlé.

Charlier, P. (1996). Description des prairies marécageuses (*Calthion*) et des mégaphorbiées humides (*Filipendulion*). In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1, pp. 1–16). Berne: OFEFP.

Chen, Z.-S., Hsieh, C.-F., Jiang, F.-Y., Hsieh, T.-H., & Sun, I.-F. (1997). Relations of soil properties to topography and vegetation in a subtropical rain forest in southern Taiwan. *Plant Ecology*, *132*(2), 229–241.

Cholet, J., & Magnon, G. (2010). Tourbières des montagnes françaises. Nouveaux éléments de connaissance, de réflexion et de gestion. *Pôle-Relais Tourbières / Fédération Des Conservatoires d'Espaces Naturels*, 188.

Chytrý, M., Tichý, L., Hennekens, S. M., & Schaminée, J. H. J. (2013). Assessing vegetation change using vegetation-plot databases: a risky business. *Applied Vegetation Science*, 32–41.

Clymo, R. S. (1983). Peat. In *Ecosystems of the Word 4A. Mires: swamps, bog, fen and moor* (Elsevier.). Amsterdam: In Gore, A.J.P.

Contini, C., & Cannicci, S. (2008). Management of grazing in wetlands. *Biodiversity Conservation and Habitat Management*, *1*, 11.

Cornali, P. (1997). Ecologie des pinèdes (Pinus sylverstris) de la rive sud du lac de Neuchâtel (Suisse). I, Phytosociologie, pédologie, hydrodynamique. *Bulletin de La Société Neuchâteloise Des Sciences Naturelles*, *120*.

Cornali, P. (1999). Ecologie des pinèdes (Pinus sylverstris) de la rive sud du lac de Neuchâtel (Suisse). III, Minéralomasse et cycles biogéochimiques des éléments majeurs du groupement. *Bulletin de La Société Neuchâteloise Des Sciences Naturelles*, *122*.

Cowardin, L. M., Carter, V., Golet, F. C., & La Roe, E. T. (1979). *Classification of wetlands and deepwater habitats of the United States*. Washington DC: U.S. Department of the Interior / Fish and Wildlife Service.

Daniëls, F. J. A., de Molenaar, J. G., Chytrý, M., & Tichý, L. (2011). Vegetation change in Southeast Greenland? Tasiilaq revisited after 40 years. *Applied Vegetation Science*, *14*(2), 230–241.

De Caceres, M., Font, X., Francesc, O. K. (2010). The management of vegetation classifications with fuzzy clustering. *Journal of Vegetation Science*, *21*, 1138–1151.

De Caceres, M., Legendre, P., Wiser, S. K., & Brotons, L. (2012). Using species combinations in indicator value analyses. *Methods in Ecology and Evolution*, *3*, 973–982.

De Foucault, B. (1978). Données pour le *Trollio-Molinietum caerulea* Guinochet 1955 du Jura français. *Coll. Phyto*, *V, la végétation des prairies inondables*, 245–247.

Delarze, R., Capt, S., Gonseth, Y., & Guisan, A. (2003). *Le réseau Emeraude en Suisse - rapport préliminaire.* (p. 52). Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne.

Delarze, R., & Gonseth, Y. (2008). *Guide des milieux naturels de Suisse: écologie, menaces, espèces caractéristiques* (2e éd., entièrement revue et corrigée.). Bussigny: Rossolis.

Diekmann, M., Jandt, U., Alard, D., Bleeker, A., Corcket, E., Gowing, D. J. G., … Duprè, C. (2014). Long-term changes in calcareous grassland vegetation in North-western Germany – No decline in species richness, but a shift in species composition. *Biological Conservation*, *172*, 170–179.

Diemer, M., Oetiker, K., & Billeter, R. (2001). Abandonment alters community composition and canopy structure of Swiss calcareous fens. *Applied Vegetation Science*, *4*(2), 237–246.

Dingová Košuthová, A., & Šibík, J. (2013). Ecological indicator values and life history traits of terricolous lichens of the Western Carpathians. *Ecological Indicators*, *34*, 246–259.

Disnar, J.-R., Guillet, B., Kéravis, D., Di-Giovanni, C., & Sebag, D. (2003). Soil organic matter (SOM) characterization by Rock-Eval pyrolysis: scope and limitations. *Organic Geochemistry*, *34*(3), 327–343.

Duchaufour, P. (1960). Stations, types d'humus et groupements écologiques. *Revue Forestière Française*, 484–494.

Dufrêne, M., & Legendre, P. (1997). Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical

approach. *Ecological Monographs*, *67*(3), 345–366.

DUNN, C. P., & STEARNS, F. (1987). Relationship of vegetation layers to soils in Southeastern Wisconsin forested wetlands. *American Midland Naturalist*, *118*(2), 366–374.

DUTOIT, D. (1924). *Les associations végétales des Sous-Alpes de Vevey*. Université de Lausanne, Lausanne.

DWYER, L. K., & MERRIAM, G. (1981). Influence of topographic heterogeneity on decideous litter decomposition. *Oikos*, *37*, 228–237.

EGGENBERG, S., & MÖHL, A. (2008). *Flora vegetativa: un guide pour déterminer les plantes de Suisse à l'état végétatif*. Bussigny: Rossolis.

EGLI, M., SARTORI, G., MIRABELLA, A., FAVILLI, F., GIACCAI, D., & DELBOS, E. (2009). Effect of north and south exposure on organic matter in high Alpine soils. *Geoderma*, *149*(1-2), 124–136.

EGLOFF, T. B. (1986). *Auswirkungen und Beseitigung von Düngungseinflüssen auf Streuwiesen: Eutrophierungssimulation und Regenerationsexperimente im nördlichen Schweizer Mittelland Thomas Bernhard Egloff*. Eidgenoessischen Technischen Hochschule Zürich, Zürich.

EGLOFF, T. B. (1994). Description des prairies à molinie (Molinion). In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1, pp. 1–12). Berne: OFEFP.

ELLENBERG, H., WEBER, H. E., DÜLL, R., WIRTH, V., WERNER, W., & PAULISSEN, D. (1991). *Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa.* (Vol. 18).

ELLENBERG, H. (2010). *Vegetation Mitteleuropas mit den Alpen in ökologischer, dynamischer und historischer Sicht* (6., vollständig neu bearbeitete und stark erweiterte Aufl. / von Christoph Leuschner ; mit einem Beitr. von Hartmut Dierschke (synsystematische Gliederung). Stuttgart: E. Ulmer.

EMANUELSSON, U. (2009). *The rural landscapes of Europe: how man has shaped European nature*. Stockholm: Formas.

EMMER, I. M., & SEVINK, J. (1994). Temporal and vertical changes in the humus form profile during a primary succession of Pinus sylvestris. *Plant and Soil*, *167*(2), 281–295.

ENI, D. D., IWARA, A. I., & OFFIONG, R. A. (2012). Analysis of soil-vegetation interrelationships in a South-Southern secondary forest of Nigeria. *International Journal of Forestry Research*, *2012*, 1–8.

ESRI. (2011). ArcGIS Desktop (Version 10). CA, US: Inc., Redlands.

ERTSEN, A. C. D., ALKEMADE, J. R. M., & WASSEN, M. J. (1998). Calibrating Ellenberg indicator values for moisture, acidity, nutrient availability and salinity in the Netherlands. *Plant Ecology*, *135*(1), 113–124.

ERWIN, K. L. (2009). Wetlands and global climate change: the role of wetland restoration in a changing world. *Wetlands Ecology and Management*, *17*(1), 71–84.

FALCONNIER, A. (1951). Atlas géologique de la Suisse, 1:25'000. Berne: Kümmerly & Frey.

FAZEKAS, I., & LIESE, F. (1996). Some properties of the Hellinger transform and its application in classification problems. *Computers Math. Applic.*, *31*(8), 107–116.

FELDE, V. A., KAPFER, J., & GRYTNES, J.-A. (2012). Upward shift in elevational plant species ranges in Sikkilsdalen, central Norway. *Ecography*, *35*(10), 922–932.

FELDMEYER-CHRISTE, E. (1990). *Etude phyto-écologique des tourbières des Franches-Montagnes: (cantons du Jura et de Berne, Suisse)*. Teufen: F. Flück-Wirth.

FERNEZ, T., & GUICHARD, P. (2007). Typologie des habitats du site Natura 2000 " Massif du Mont d'Or, du Noirmont et du Risol" et test cartographique., p. 271. Conservatoire Botanique de Franche-Comté.

FERREZ, Y. (2004a). Connaissance des habitats naturels et semi-naturels de Franche-Comté, référentiels et valeur patrimoniale., p. 57. Conservatoire Botanique de Franche-Comté.

FERREZ, Y. (2004b). Typologie et cartographie des habitats naturels et semi-naturels et des habitats d'espèces du site Natura 2000 « lac et tourbières des Rousses, vallée de l'Orbe ». *Conservatoire Botanique de Franche- Comté, Parc Naturel Régional Du Haut Jura*, 46.

FERREZ, Y. (2005). Liste rouge de la flore vasculaire menacée ou rare de Franche-Comté. Proposition. *Les Nouvelles Archives de La Flore Jurassienne*, *3*, 217–229.

FERREZ, Y. (2006). Typologie et cartographie des milieux ouverts mésophiles du site Natura 2000 « tourbières et lacs de Chapelle-des-Bois et de Bellefontaine les Mortes ». *Conservatoire Botanique de Franche-Comté, Réserve Naturelle Du Lac de Remoray.*, 19.

FERREZ, Y. (2011). Contribution à la connaissance des prairies humides oligotrophes (*Molinion caerulea* KOCH 1926) de Franche-Comté. *Les Nouvelles Archives de La Flore Jurassienne*, *9*, 9–24.

FERREZ, Y., BAILLY, G., BEAUFILS, T., COLLAUD, R., CAILLET, M., FERNEZ, T., … Vuillemenot, M. (2011). Synopsis des groupements végétaux de Franche-Comté. *Les Nouvelles Archives de La Flore Jurassienne*, *1*, 282.

FIAUX, J.-J., KNISPEL, S., LODS-CROZET, B., STRAWCZYNSKI, A., VIOGET, P., BUTTIKER, B, & GMÜR, P. (2006). *Le lac de Joux et l'Orbe - milieux vivants. Evolution de la qualité des eaux : 1985 - 2004.* SESA, Vaud.

FISCHER, M., & STÖCKLIN, J. (1997). Local extinctions of plants in remnants of extensively used calcareous grasslands 1950-1985. *Conservation Biology*, *11*(3), 727–737.

FLYNN, K. M., MENDELSSOHN, I. A., & WILSEY, B. J. (1999). The effect of water level management on the soils and vegetation of two coastal Louisiana marshes. *Wetlands Ecology and Management*, *7*(4), 193–218.

FOJT, W., & HARDING, M. (1995). Thirty years of change in the vegetation communities of three valley mires in Suffolk, England. *Journal of Applied Ecology*, *32*(3), 561–577.

FÖLLMI, K. (2011). *Cours Introduction aux sciences de la Terre : Sédimentologie et stratigraphie*. Lausanne: Université de Lausanne, Institut des Sciences de la Terre.

FOSAA, A. M., OLSEN, E., SIMONSEN, W., GAARD, M., & HANSEN, H. (2010). Vegetation transition following drainage in a high-latitude hyper-oceanic ecosystem. *Applied Vegetation Science*, *13*(2), 249–256.

GAIFFE, M. (1978). Observations pédologiques dans les zones humides de Bonnevaux - Frasne. *Publ. CUER, Université de Franche-Comté, Besançon*, (2), 187–205.

GAIFFE, M. (1987). *Processus pédogénétiques dans le karst jurassien. Analyse de la complexation organo-minérale en ambiance calcique.* Université de Franche-Comté, Besançon.

GAIFFE, M., & BRUCKERT, S. (1985). Analyse des transports de matières et des processus pédogénétiques impliqués dans les chaînes de sols du karst jurassien. *Soils and Geomorphology, Catena*, *6*, 159–174.

GALLANDAT, J.-D. (1982). Prairies marécageuses du Haut-Jura: *Molinietalia*, *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* et *Phragmitetea*. *Mat. Levé Géobot. Suisse*, *58*, 1–327.

GALLANDAT, J.-D., GOBAT, J.-M., & ROULIER, C. (1993). *Cartographie des zones alluviales d'importance nationale*. Berne: Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP).

GAUBERVILLE, C. (2011). *Vocabulaire forestier : écologie, gestion et conservation des espaces boisés.* Forêt privée française.

GENSAC, P. (1977). Sols et séries de végétation dans les Alpes nord-occidentales (partie française). *Doc. Cartogr. Ecol*, *19*, 21–44.

GERRARD, J. (1987). *Alluvial soils*. New York: Hutchinson Ross.

GERRARD, J. (1992). *Soil geomorphology - an integration of pedology and geomorphology*. London: Chapman & Hall.

GILLET, F. (2000). *La phytosociologie synusiale intégrée. Guide méthodologique.* (p. 68). Université de Neuchâtel, Institut de Botanique, Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie.

GILLET, F. (2010). *Guide d'utilisation de Phytobase 8, base de données phytosociologiques.* (p. 39). Université de Franche-Comté, UMR Chrono-environnement.

GIUGNI, G. (1991). *Etude phyto-écologique des bas-marais et marais de pente (*Caricion davallianae*) des Préalpes chablaisiennes (suisses et françaises): phytosociologie, morphophénologie, microclimatologie, hydrologie, pédologie, cartographie*. Teufen: F. Flück-Wirth.

GLEASON, H. A. (1917). The structure and development of the plant association. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*, *44*(10), 463–481.

GLEASON, H. A. (1927). Further views on the succession-concept. *Ecology*, *8*(3), 299–326.

GLENN-LEWIN, D.C., PEET, R.K., VEBLEN, T. (1992). *Plant Succession: theory and prediction*. London: Chapmann & Hall.

GOBAT, J.-M. (1984). *Ecologie des contacts entre tourbières acides et marais alcalins dans le Haut-Jura suisse*. Université

de Neuchâtel, Institut de Botanique, Neuchâtel.

GOBAT, J.-M., ARAGNO, M., & MATTHEY, W. (2010). *Le sol vivant : bases de pédologie, biologie des sols* (3e éd. rev. et augm.). Lausanne: Presses polytechniques et universitaires romandes.

GOBAT, J.-M., & HAVLICEK, E. (1996). *Clé de sol : principaux sols de Suisse*. Neuchâtel: Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie Université de Neuchâtel Institut de botanique.

GOUGH, L., OSENBERG, C. W., GROSS, K. L., & COLLINS, S. L. (2000). Fertilization on species density and primary productivity in herbaceous plant communities. *Oikos*, *89*(3), 428–439.

GRABHER, M. (1998). Assèchement des bas-marais. In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1). Berne: OFEFP.

GRAF, U., WILDI, O., KÜCHLER, M., & ECKER, K. (2010). Five-year changes in Swiss mire vegetation. *Botanica Helvetica*, *120*(1), 15–27.

GRAY, A.J., CRAWLEY, M.J., & EDWARDS, P.J. (1984). *Colonization, succession and stability.* Oxford: Blackwell Science.

GROOTJANS, A. P., VAN DIGGELEN, R., WASSEN, M. J., & WIERSINGA, W. A. (1988). The effects of drainage on groundwater quality and plant species distribution in stream valley meadows. *Vegetatio*, *75*(1/2), 37–48.

GROOTJANS, A. P., HUNNEMAN, H., VERKIEL, H., & VAN ANDEL, J. (2005). Long-term effects of drainage on species richness of a fen meadow at different spatial scales. *Basic and Applied Ecology*, *6*(2), 185–193.

GROOTJANS, A. P., ADEMA, E. B., BLEUTEN, W., JOOSTEN, H., MADARAS, M., & JANÁKOVÁ, M. (2006). Hydrological landscape settings of base-rich fen mires and fen meadows: an overview. *Applied Vegetation Science*, *9*(2), 175–184.

GROSVERNIER, P., LUGON, A., & MATTHEY, Y. (1997). Le complexe de végétation des hauts-marais. In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1). Berne: OFEFP.

GRÜNIG, A., VETTERLI, L., & WILDI, O. (1986). *Les hauts-marais et marais de transition de Suisse - résultats d'un inventaire.* (No. 281) (p. 58). Birmensdorf.

GRÜNIG, A. (1994). *Mires and man: mire conservation in a sensely populated country - the Swiss experience ; excursion guide and symposium proceedings of the 5th Field Symposium of the International Mire Conservation Group (IMCG) to Switzerland 1992*. Birmensdorf: Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Lanscape Research.

GUINOCHET, M. (1973). *Phytosociologie*. Paris: Masson.

GUINOCHET, M., & LEMÉE, G. (1950). Contribution à la connaissance des races biologiques de *Molinia coerulea* (L.) Moench. *Rev. Gén. Bot*, *57*, 1–28.

GUNNARSSON, U., MALMER, N., & RYDIN, H. (2002). Dynamics or constancy in *Sphagnum* dominated mire ecosystems? A 40-year study. *Ecography*, *25*(6), 685–704.

GUNNARSSON, U., & FLODIN, L.-A. (2007). Vegetation shifts towards wetter site conditions on oceanic ombrotrophic bogs in southwestern Sweden. *Journal of Vegetation Science*, *18*(4), 595–604.

GÜSEWELL, S., LE NÉDIC, C., & BUTTLER, A. (2000). Dynamics of common reed (*Phragmites australis* Trin.) in Swiss fens with different management. *Wetlands Ecology and Management*, *8*, 375–389.

GUYONNEAU, J. (2005). Étude de la végétation et de l'hydrologie du marais des Levresses, réserve naturelle régionale des tourbières de Frasne. *Les Nouvelles Archives de La Flore Jurassienne*, *3*, 69–125.

GUYONNEAU, J. (2010). Appauvrissement de la biodiversité en Franche-Comté; exemple du Bassin du Drugeon et évolution de la végétation entre 1955 et 2010. *Les Nouvelles Archives de La Flore Jurassienne*, *8*, 15–24.

GUYONNEAU, J., & MADY, M. (2007). Typologie, cartographie et évaluation de l'état de conservation des habitats naturels et semi-naturels du site Natura 2000 « Bassin du Drugeon ». *DIREN de Franche-Comté. Conservatoire Botanique de Franche-Comte*, 58.

GUYONNEAU, J., MADY, M., & FERNEZ, T. (2008). Typologie, cartographie et évaluation de l'état de conservation des habitats naturels et semi-naturels et des populations d'espèces végétales remarquables du site ENS 25MA04 « Lac et marais de l'Entonnoir » (communes de Bouverans et de Bonnevaux, Doubs). *Conservatoire Botanique National de Franche- Comté, Communauté de Communes Frasne-Drugeon, Conseil Général Du Doubs.*, 195.

HAVLICEK, E. (1999). *Les sols des pâturages boisés du Jura Suisse. Origine et typologie, Relations sol-végétation, Pédogenèse des brunisols.* Université de Neuchâtel, Laboratoire d'écologie végétale et phytosociologie, Neuchâtel.

HÉDL, R. (2004). Vegetation of beech forests in the Rychlebské Mountains, Czech Republic, re-inspected after 60 years with assessment of environmental changes. *Plant Ecology*, *170*(2), 243–265.

HINTERMANN, U. (1995). L'importance des marais comme source de données pour l'histoire de l'environnement. In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1). Berne: OFEFP.

HOLDEN, J., CHAPMAN, P. J., & LABADZ, J. C. (2004). Artificial drainage of peatlands: hydrological and hydrochemical process and wetland restoration. *Progress in Physical Geography*, *28*(1), 95–123.

HORTON, J. (1973). *Evapotranspiration and Watershed research as related to Riparian and Phreatophyte management*.

HUGGETT, R. J. (1998). Soil chronosequences, soil development, and soil evolution: a critical review. *Catena*, *32*, 155–172.

IBRAHIMA, A., ABIB FANTA, C., NDJOUENKEU, R., & NTOUPKA, M. (2009). Impact de la gestion de la matière organique sur le statut minéral des sols et des récoltes dans les savanes soudano-guinéennes de Ngaoundéré, Cameroun. (p. 10). Presented at the Savanes africaines en développement : innover pour durer., Garoua, Cameroun.

IPCC (2014). *Climate Change 2014 : Impacts, Adaptation and Vulnerability. Part A global and sectoral aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* (p. 1820). United Kingdom and New York: IPCC.

IUSS Working Group WRB. (2006). *World reference base for soil resources 2006* (No. 103). Rome: FAO.

JABIOL, B., BRETHES, A., PONGE, J.-F., TOUTAIN, F., & BRUN, J.-J. (2007). *L'humus sous toutes ses formes* (2e éd.). Nancy: Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts (ENGREF).

JABIOL, B., ZANELLA, A., PONGE, J.-F., SARTORI, G., ENGLISCH, M., VAN DELFT, B., … LE BAYON, R.-C. (2013). A proposal for including humus forms in the World Reference Base for Soil Resources (WRB-FAO). *Geoderma*, *192*, 286–294.

JENNY, H. (1994). *Factors of soil formation. A system of quantitative pedology* (Dover Publications, Inc.). New York.

JULVE, P. (1998). *Baseveg. Index phytosociologique synonymique de la végétation de la France*. Programme Catminat.

KAHMEN, S., POSCHLOD, P., & SCHREIBER, K.-F. (2002). Conservation management of calcareous grasslands. Changes in plant species composition and response of functional traits during 25 years. *Biological Conservation*, *104*(3), 319–328.

KAPFER, J., GRYTNES, J.-A., GUNNARSSON, U., & BIRKS, H. J. B. (2011). Fine-scale changes in vegetation composition in a boreal mire over 50 years. *Journal of Ecology*, *99*(5), 1179–1189.

KAPFER, J., VIRTANEN, R., & GRYTNES, J.-A. (2012). Changes in arctic vegetation on Jan Mayen Island over 19 and 80 years. *Journal of Vegetation Science*, *23*(4), 771–781.

KEDDY, P. A. (2010). *Wetland ecology: principles and conservation* (2nd ed.). Cambridge University Press.

KENT, M. (2012). *Vegetation Description and Data Analysis : A Pratical Approach* (2th edition.). Wiley-Blackwell.

KLANDERUD, K., & BIRKS, H. J. B. (2003). Recent increases in species richness and shifts in altitudinal distributions of Norwegian mountain plants. *The Holocene*, *13*(1), 1–6.

KLAUS, G. (2007). *Etat et évolution des marais en Suisse. Résultats du suivi de la protection des marais.* (p. 97). Office fédéral de l'environnement, Berne.

KLÖTZLI, F. (1969). *Die Grundwasserbeziehungen der Streu- und Moorwiesen im nördlichen Schweizer Mittelland*. Berne: H. Huber.

KOCH, W. (1928). Die höhere Vegetation der subalpinen Seen und Moorgebiete des Val Piora (St. Gotthard - Massiv), (4), 131–175.

KOERSELMAN, W., VAN KERKHOVEN, M. B., & VERHOEVEN, J. T. A. (1993). Release of inorganic N, P and K in peat soils: effect of temperature, water chemistry and water level. *Bio*, *20*(2), 63–81.

KOHLER, F. (2004). *Influence of grazing, dunging and trampling on short-term dynamics of grasslands in mountain wooded pastures.* Université de Neuchâtel, Institut de Botanique, Laboratoire d'écologie végétale, Neuchâtel.

KOHLER, F., GILLET, F., GOBAT, J.-M., & BUTTLER, A. (2006). Effect of cattle activities on gap colonization in Mountain pastures. *Folia Geobotanica*, *41*, 289–304.

KÜTTEL, M. (1994a). Importance des sites marécageux pour la protection des espèces animales au plan national. In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1). Berne: OFEFP.

KÜTTEL, M. (1994b). Importance des marais comme source de données pour l'histoire de l'environnement. In *Manuel*

conservation des marais en Suisse : éléments de base (Vols. 1-2, Vol. Volume 1). Berne: OFEFP.

LABORATOIRE SOL & VÉGÉTATION. (2007). Protocoles laboratoire : N (méthode de Kjedahl et méthode modifiée).

LANDOLT, E. (1977). *Ökologische Zeigerwerte zur Schweizer Flora*. Zürich: Veröffentlichungen des Geobotanisches Institut der ETH, Stiftung Rübel.

LANDOLT, E., BÄUMLER, B., ERHARDT, A., HEGG, O., KLÖTZLI, F., LÄMMLER, W., … WOHLGEMUTH, T. (2010). *Flora indicativa: ökologische Zeigerwerte und biologische Kennzeichen zur Flora der Schweiz und der Alpen. Ecological indicator values and biological attributes of the Flora of Switzerland and the Alps* (2ème édition.). Genève; Bern: Conservatoire et Jardin botaniques de la ville de Genève ; Haupt.

LAUBER, K., WAGNER, G., GFELLER, E., & GYGAX, A. (2007). *Flora Helvetica: flore illustrée de Suisse* (3e éd. entièrement rev.). Bern: P. Haupt.

LE COVÉ SA. (1995). *Sites marécageux de la Vallée de Joux : plan de gestion 1997 et cartes* (p. 129). Conservation de la Nature, Etat de Vaud.

LEGENDRE, P., & GALLAGHER, E.D. (2001). Ecologically meaningful transformations for ordination of species data. *Oecologia*, *129*, 271–280.

LEGROS, J.-P. (2007). *Les grands sols du monde*. PPUR, Presses polytechniques.

LEPART, J., & ESCARRE, J. (1983). La succession végétale, mécanismes et modèles : analyse bibliographique. *Bulletin d'Ecologie*, *14*(3), 133–178.

LEUTHOLD, B. (1996). Description des roselières (*Phragmition*) et des marais à grandes laîches (*Magnocaricion*). In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1). Berne: OFEFP.

LOUCOUGARAY, G. (2003). *Régimes de pâturage et hétérogénéité de la structure et du fonctionnement de la végétation prairiale (Marais Poitevin)*. Université de Rennes 1, Rennes.

LI, W.-Q., XIAO-JING, L., KHAN, M. A., & GUL, B. (2008). Relationship between soil characteristics and halophytic vegetation in coastal region of North China. *Pak. J. Bot*, *40*(3), 1081–1090.

LÜDI, W. (1940). Die Veränderungen von Dauerflächen in der Vegetation des Alpengartens Schinigeplatte innerhalb des Jahrzehnts 1928/29-1938/39. *Bericht Über Des Geobotanisches Forschungsinstitut Rübel in Zürich*, *für das Jahr 1939*, 93–148.

LÜDI, W. (1945). Besiedlung und Vegetationsentwicklungauf den jungen Seitenmoränen des grossen Aletschgletschers. *Bericht Über Des Geobotanisches Forschungsinstitut Rübel in Zürich*, *für das Jahr 1944*, 35–112.

MAIBACH, A. (2013). *Sites marécageux de la Vallée de Joux : plan de gestion 2012 - 2022* (p. 129). Bureau d'étude en environnement, Alain Maibach SA.

MAIRE. (2013). *Etude phytosociologique de marais et prairies humides à la Vallée de Joux (Suisse) et à Chapelle-des-Bois (Franche-Comté, France). Approche diachronique.* Université de Neuchâtel, Laboratoire Sol & Végétation, Neuchâtel.

MARTI, K. (1992). Concepts "haut-marais", "bas-marais", "site marécageux". In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1). Berne: OFEFP.

MARTI, K., & MÜLLER, R. (1994). Zones-tampons pour biotopes de marais - définitions des concepts. In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1). Berne: OFEFP.

MARTI, K., KRÜSI, B. O., HEEB, J., & THEIS, E. (1997). *Clé de détermination des zones-tampons. Guide pour déterminer des zones-tampons suffisantes du point de vue écologique pour les marais.* (p. 50). Berne, Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage.

MATTHEY, Y. (1996). *Conditions écologiques de la régénération spontanée du* Sphagnion magellanici *dans le Jura Suisse (Typologie, pédologie, hydrodynamique et micrométéorologie)*. Université de Neuchâtel, Laboratoire de Phytosociologie et d'Ecologie végétale, Neuchâtel.

MAUCHAMP, L. (2014). *Biodiversité et gestion des écosystèmes prairiaux en Franche-Comté.* Université de Franche-Comté, Besançon.

MCAULIFFE, J. R. (1994). Landscape evolution, soil formation, and ecological patterns and processes in Sonoran Desert Bajadas. *Ecological Monographs*, *64*, 111–148.

MEDDE GIS SOL. (2013). *Guide pour l'identification et la délimitation des sols de zones humides.* (p. 63). Ministère de

l'Ecologie, du Développement Durable et de l'Energie, Groupement d'intérêt scientifique Sol.

MétéoSuisse. (2014). MétéoSuisse. http://www.meteosuisse.admin.ch/home/climat/actuel/cartes-mensuelles-et-annuelles.html.

Michalet, R. (1982). *Influence du climat général sur l'évolution des sols à l'étage subalpin dans le Jura.* Université de Nancy et Franche-Comté, Nancy et Besançon.

Michalet, R., & Bruckert, S. (1986). La podzolisation sur calcaire à l'étage subalpin du Jura. *Science Du Sol*, *24*, 363–374.

Middleton, B. A., Holsten, B., & Van Diggelen, R. (2006). Biodiversity management of fens and fen meadows by grazing, cutting and burning. *Applied Vegetation Science*, *9*, 307–316.

Mitchell, E. A. D, Buttler, A, Gobat, J.-M., Van Leeuwen, J., Van der Knaap, P., Ammann, B., & Warner, B. (1996). Forest clearance in the early 19th century, an indirect cause for the present abundance of Pine *(Pinus uncinata ssp. rotundata)* in the Jura Bogs? *Zoologia et Botanica, Revue suisse de zoologie,* p. 788.

Mitchell, E. A. D, Van der Knaap, W. O., Van Leeuwen, J., & Warner, B. (2001). The postglacial paleoecological history of the Praz-Rodet bog (Swiss Jura) based on testate amoebae (Protozoa), pollen and macrofossils, and its significance in relation to the landscape vegetation history. *The Holocene, 11*(1), 65–80.

Mitchell, E. A. D., Payne, R. J., & Lamentowicz, M. (2007). Potential implications of differential preservation of testate amoeba shells for paleoenvironmental reconstruction in peatlands. *Journal of Paleolimnology*, *40*(2), 603–618.

Mitchell, E. A. D., Charman, D. J., & Warner, B. G. (2008). Testate amoebae analysis in ecological and paleoecological studies of wetlands: past, present and future. *Biodiversity and Conservation*, *17*(9), 2115–2137.

Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2000). The value of wetlands: importance of scale and landscape setting. *Ecological Economics*, *35*(1), 25–33.

Mitsch, W. J., & Gosselink, J. G. (2007). *Wetlands* (4th ed.). New York: John Wiley & Sons.

Montmollin, B. (2000). Etat de conservation de la flore vasculaire du Jura occidental et proposition d'une nouvelle Liste rouge. *Bulletin de La Société Neuchâteloise Des Sciences Naturelles*, *123*.

Morecroft, M. D., Sellers, E. K., & Lee, J. A. (1994). An experimental investigation into the effects of atmospheric nitrogen deposition on two semi-natural grasslands. *Journal of Ecology*, *82*(3), 475–483.

Morris, J. T. (1991). Effects of nitrogen loading on wetland ecosystems with particular reference to atmospheric deposition. *Annual Review of Ecology and Systematics*, *22*, 257–279.

Moser, D., Gygax, A., Bäumler, B., Wyler, N., & Palese, R. (2002). Liste Rouge des fougères et plantes à fleurs menacées de Suisse. *Série OFEFP "L'environnement Pratique,"* p. 118. Berne et Chambésy.

Mountford, J. O. (1994). Floristic change in English grazing marshes: the impact of 150 years of drainage and land-use change. *Watsonia*, *20*, 3–24.

Mountford, J. O., Roy, D. B., Cooper, J. M., Manchester, S. J., Swetnam, R. D., Warman, E. A., & Treweek, J. R. (2006). Methods for targeting the restoration of grazing marsh and wet grassland communities at a national regional and local scale. *Journal of Nature Conservation*, *14*, 46–66.

Munger, J. L., Pellerin, S., Laroque, M., & Ferlatte, M. (2014). Espèces végétales indicatrices des échanges d'eau entre tourbière et aquifère. *Le Naturatliste Canadien*, *138*(1), 4–12.

Natura 2000. Directive Habitats-Faune-Flore : Directive 92/43/CEE du 21 mai 1992 modifiée par la directive 97/62/CEE concernant la conservation des habitats naturels ainsi que de la faune et de la flore sauvage (1992).

Natura 2000. (2004a). *Lac et tourbières des Rousses, vallée de l'Orbe* (p. 4). DIREN Franche-Comté.

Natura 2000. (2004b). *Tourbières et lacs de Chapelle-des-Bois et de Bellefontaine Les Mortes* (p. 4). DIREN Franche-Comté.

Nicole, C. H. (1964). A propos des sagnes du Sentier. *Tic-Tac: Battement de La Vie Des Manufactures D'horlogerie Lecoultre & Cie Au Sentier*.

Niering, W. A. (1987). Vegetation dynamics (succession and climax) in relation to plant community management. *Conservation Biology*, *1*(4), 287–295.

Nikulin, M. S. (2001). Hellinger distance. In *Encyclopedia of Mathematics* (Springer.).

NIMIS, P. L., & MARTELLOS, S. (2001). Testing the predictivity of ecological indicator values. A comparison of real andvirtual'relevés of lichen vegetation. *Plant Ecology*, *157*(2), 165–172.

NOON, K. F. (1996). A model of created wetland primary succession. *Landscape and Urban Planning*, *34*(2), 97–123.

NORDBAKKEN, J.-F. (2001). Five-year vegetation change in boreal bog vegetation. *Journal of Vegetation Science*, *12*(6), 771–778.

OBERDORFER, E. (1957). *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*. Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag.

OBERDORFER, E. (1983). *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*. Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag.

OBERDORFER, E. (1992). *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*. Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag.

OBERDORFER, E. (1993). *Süddeutsche Pflanzengesellschaften*. Stuttgart, New York: Gustav Fischer Verlag.

ODLAND, A., HØITOMT, T., & OLSEN, S. L. (2010). Increasing Vascular Plant Richness on 13 High Mountain Summits in Southern Norway since the Early 1970s. *Arctic, Antarctic, and Alpine Research*, *42*(4), 458–470.

OFEFP. (2002). *Les marais et leur protection en Suisse* (p. 66). Berne: Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage (OFEFP).

OFEV/OFS. (2011). *Environnement Suisse 2011* (p. 101). Berne et Neuchâtel.

OFEV. (2014). *La pollution de l'air 2013. Résultats du Réseau national d'observation des polluants atmosphériques (NABEL).* (p. 130). Office fédéral de l'environnement, Berne.

OLDE VENTERINK, H., WASSEN, M. J., VERKROOST, A. W. M., & DE RUITER, P. C. (2003). Species richness-productivity patterns differ between N-, P-, and K-limited wetlands. *Ecology*, *84*(8), 2191–2199.

ORDONNANCE SUR LES BAS-MARAIS. Ordonnance du 7 septembre 1994 sur la protection des bas-marais d'importance nationale : état au 1er février 2010, 451.33 (1994).

ORDONNANCE SUR LES HAUTS-MARAIS. Ordonnance du 21 janvier 1991 sur la protection des hauts-marais et des marais de transition d'importance nationale : état le 1er janvier 2008, 451.32 (1991).

ORDONNANCE SUR LES SITES MARÉCAGEUX. Ordonnance du 1er mai 1996 sur la protection des sites marécageux d'une beauté particulière et d'importance nationale : état le 1er décembre 2008, 451.35 (1996).

ORDONNANCE SUR LES ZONES ALLUVIALES. Ordonnance du 28 octobre 1992 sur la protection des zones alluviales d'importance nationale : état le 1er janvier 2008, 451.31 (1992).

PAULI, D., PEINTINGER, M., & SCHMID, B. (2002). Nutrient enrichment in calcareous fens: effects on plant species and community structure. *Basic and Applied Ecology*, *3*(3), 255–266.

PAYETTE, S., & ROCHEFORT, L. (2005). *Ecologie des tourbières du Québec-Labrador.* (2ème édition.). Les Presses de l'Université de Laval.

PEPPLER-LISBACH, C. (2008). Using species-environmental amplitudes to predict pH values from vegetation. *Journal of Vegetation Science*, *19*(4), 437–444. doi:10.3170/2008-8-18394

PFISTER, C. (1985). *Klimageschichte der Schweiz (1525-1860) und seine Bedeutung in der Geschichte von Vevölkerung und Landwirtschaft.* Bern, Academia Helvetica, Haupt. 2 tomes.

PHOENIX, G. K., EMMETT, B. A., BRITTON, A. J., CAPORN, S. J. M., DISE, N. B., HELLIWELL, R., … POWER, S. A. (2012). Impacts of atmospheric nitrogen deposition: responses of multiple plant and soil parameters across contrasting ecosystems in long-term field experiments. *Global Change Biology*, *18*(4), 1197–1215.

PINTO, P. E., GÉGOUT, J.-C., HERVÉ, J.-C., & DHÔTE, J.-F. (2007). Changes in environmental controls on the growth of *Abies alba* MILL. in the Vosges Mountains, north-eastern France, during the 20th century. *Global Ecology and Biogeography*, *16*(4), 472–484.

PONGE, J.-F. (1984). Étude écologique d'un humus forestier par l'observation d'un petit volume, premiers résultats. I. La couche L1 d'un moder sous pin sylvestre. *Revue d'Écologie et de Biologie Du Sol*, *21*(2), 161–187.

PONGE, J.-F. (2003). Humus forms in terrestrial ecosystems: a framework to biodiversity. *Soil Biology and Biochemistry*, *35*(7), 935–945.

PONGE, J.-F., & CHEVALIER, R. (2006). Humus Index as an indicator of forest stand and soil properties. *Forest Ecology and Management*, *233*(1), 165–175.

PONGE, J.-F., JABIOL, B., & GÉGOUT, J.-C. (2011). Geology and climate conditions affect more humus forms than forest canopies at large scale in temperate forests. *Geoderma*, *162*(1-2), 187–195.

PONGE, J.-F. (2012). L'Humus Index : un outil pour le diagnostic écologique des sols forestiers.

PONGE, J.-F. (2013). Plant–soil feedbacks mediated by humus forms: A review. *Soil Biology and Biochemistry*, *57*, 1048–1060.

PRACH, K., PYSEK, P., & SMILAUER, P. (1993). On the rate of succession. *Oikos*, *66*(2), 343–346.

R DEVELOPMENT CORE TEAM. (2013). R: A language and environment for statistical computing (Version 3.0.2). Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing. Retrieved from http://www.R-project.org/

RAUSCH, H. (1996). Le droit de la protection des marais et des sites marécageux. In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1, pp. 1–16). Berne: OFEFP.

RECORDON, E. (1972). Remblais sur sols tourbeux ou craie lacustre. *Bulletin Technique de La Suisse Romande*, *98*(5), 10.

REDDY, K. R., D' ANGELO, E. M., & HARRIS, W. G. (2000). Biogeochemistry of wetlands. In *Handbood of Soil Science* (pp. 89–119). CRS Press.

REYNARD, E., & REGOLINI, G. (2008). *Géomorphologie* (Vols. 1-2, Vol. 1). Lausanne: Université de Lausanne, Institut de Géographie.

RICHARD, H., & VIGNOT, A. (2000). Equilibres et ruptures dans les écosystèmes depuis 20'000 ans en Europe de l'Ouest. In *Acte du colloque international de Besançon*. Besançon.

RION, V., VITTOZ, P., & GOBAT, J. M. (in prep). Recent changes in plant composition of Jura Mountain wetlands. *Applied Vegetation Science*.

ROYER, J.-M., GALLANDAT, J.-D., GILLET, F., & VADAM, J.-C. (1979). Sur la présence de groupements relictuels d'affinités boréartiques au niveau des marais tremblants (*Scheuchzerietalia*) du Jura franco-suisse. *Documents Phytosocoiologiques*, *4*, 1082–1092.

ROTH, T., KOHLI, L., RIHM, B., & ACHERMANN, B. (2013). Nitrogen deposition is negatively related to species richness and species composition of vascular plants and bryophytes in Swiss mountain grassland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, *178*, 121–126.

RUGGIERO, P. G. C., BATALHA, M. A., PIVELLO, V. R., & MEIRELLES, S. T. (2002). Soil-vegetation relationships in cerrado (Brazilian savanna) and semideciduous forest, Southeastern Brazil. *Plant Ecology*, *160*(1), 1–16.

SAENGER, A. (2013). *Caractérisation et stabilité de la matière organique du sol en contexte montagnard calcaire : proposition d'indicateurs pour le suivi de la qualité des sols à l'échelle du paysage*. Université de Grenoble, Grenoble.

SALA, O. E. (2000). Global Biodiversity Scenarios for the Year 2100. *Science*, *287*(5459), 1770–1774.

SALOMÉ, C. (2011). *Distribution des communautés lombriciennes et pédogenèse en forêts alluviales*. Université de Neuchâtel, Laboratoire Sol & Végétation, Neuchâtel.

SCHAEFER, R. (1966). *Caractères et évolution des activités microbiennes dans une chaîne de sol hydromorphes mésotrophiques de la plaine d'Alsace*. Revue d'écologie et de biologie du sol, Orsay, Paris.

SCHAFFERS, A. P., & SÝKORA, K. V. (2000). Reliability of Ellenberg indicator values for moisture, nitrogen and soil reaction: a comparison with field measurements. *Journal of Vegetation Science*, *11*(2), 225–244.

SCHERRER, L. (2012). *Rôle du sol forestier dans la filtration des polluants atmosphériques*. Université de Neuchâtel, Laboratoire Sol & Végétation, Neuchâtel.

SCOTT, M. L., SLAUSON, W. L., SEGELQUIST, C. A., & AUBLE, G. T. (1989). Correspondence between vegetation and soils in wetlands and nearby uplands. *Wetlands*, *9*(1), 41–60.

SEBAG, D., DISNAR, J. R., GUILLET, B., DI GIOVANNI, C., VERRECCHIA, E. P., & DURAND, A. (2006). Monitoring organic matter dynamics in soil profiles by "Rock-Eval pyrolysis": bulk characterization and quantification of degradation. *European Journal of Soil Science*, *57*(3), 344–355.

SECRÉTARIAT DE LA CONVENTION DE RAMSAR. (2013). *Le manuel de la Convention de Ramsar : guide de la Convention sur les zones humides (Ramsar, Iran, 1971), 6ème édition* (p. 120). Gland, Suisse: Secrétariat de la Convention de Ramsar.

SEEBER, J., & SEEBER, G. U. H. (2005). Effects of land-use changes on humus forms on alpine pastureland (Central Alps, Tyrol). *Geoderma*, *124*(3-4), 215–222.

SEGAL, D. S., LATHAM, P. J., & BEST, G. R. (1987). Delineating a wetland boundary using vegetative, soil and hydrologic characteristics: a Florida cypress dome example. *Wetlands*, *7*(1), 51–58.

SEIDLING, W., & FISCHER, R. (2008). Deviances from expected Ellenberg indicator values for nitrogen are related to N throughfall deposition in forests. *Ecological Indicators*, *8*(5), 639–646.

SHOTYK, W., CHEBURKIN, A. K., APPLEBY, P. G., FANKHAUSER, A., & KRAMERS, J. D. (1997). Lead in three peat bog profiles, Jura mountains, Switzerland: enrichment factors, isotopic composition, and chronology of atmospheric depostion. *Water, Air, and Soil Pollution*, *100*, 297–310.

SMART, S. M., ANDREW SCOTT, W., WHITAKER, J., HILL, M. O., ROY, D. B., NIGEL CRITCHLEY, C., … MARRS, R. H. (2010). Empirical realised niche models for British higher and lower plants - development and preliminary testing. *Journal of Vegetation Science*. doi:10.1111/j.1654-1103.2010.01173.x

STEINER, G. M., & GRÜNIG, A. (1997a). Hydrologie des hauts-marais. In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1). Berne: OFEFP.

STEINER, G. M., & GRÜNIG, A. (1997b). Les types hydrologiques de marais en Suisse. In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1). Berne: OFEFP.

SURRIDGE, B. W. J., BAIRD, A. J., & HEATHWAITE, A. L. (2005). Evaluating the quality of hydraulic conductivity estimates from piezometer slud tests in peat. *Hydrological Processes*, *19*(6), 1227–1244.

TER BRAAK, C. J. F., & GREMMEN, N. J. M. (1987). Amplitudes of plant species and the internal consistency of Ellenberg's indicator values for moisture. *Vegetatio*, *69*(1/3), 79–87.

TER BRAAK, C. J. T., & WIERTZ, J. (1994). On the Statistical Analysis of Vegetation Change: A Wetland Affected by Water Extraction and Soil Acidification. *Journal of Vegetation Science*, *5*(3), 361–372.

THIMONIER, A., SCHMITT, M., WALDNER, P., & RIHM, B. (2005). Atmospheric deposition on swiss long-term forest ecosystem research (LWF) plots. *Environmental Monitoring and Assessment*, *104*, 81–118.

TICHÝ, L., CHYTRÝ, M., & BOTTA-DUKAT, Z. (2014). Semi-supervised classification of vegetation: preserving the good old units and searching for new ones. *Journal of Vegetation Science*, *25*, 1504–1512.

TIEMEYER, B., FRINGS, J., KAHLE, P., KÖHNE, S., & LENNARTZ, B. (2007). A comprehensive study of nutrient losses, soil properties and groundwater concentrations in a degraded peatland used as an intensive meadow – Implications for re-wetting. *Journal of Hydrology*, *345*(1-2), 80–101.

TILMAN, D. (1993). Species richness of experimental productivity gradients: how important is colonization limitation? *Ecology*, *74*(8), 2179–2191.

TOURNADE, F., & BOUZILLÉ, J. B. (1991). Relations entre sol et végétation dans les prairies naturelles humides du Marais Poitevin. Mise en évidence d'un modèle d'organisation. *Science Du Sol*, *29*(4), 339–357.

TOUTAIN, F. (1981). Les humus forestiers; structures et modes de fonctionnement.

TRAP, J., BUREAU, F., AKPA-VINCESLAS, M., DECAENS, T., & AUBERT, M. (2011). Changes in humus forms and soil N pathways along a 130-year-old pure beech forest chronosequence. *Annals of Forest Science*, *68*(3), 595–606.

VAN ANDEL, J., & ARONSON, J. (Eds.). (2006). *Restoration ecology: the new frontier*. Malden: Blackwell.

VAN BEEK, C. L., VAN DEN EERTWEGH, G. A. P. H., VAN SCHAIK, F. H., VELTHOF, G. L., & OENEMA, O. (2004). The contribution of dairy farming on peat soil to N and P loading of surface water. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, *70*(1), 85–95.

VAN BELLE, J., BARENDREGT, A., SCHOT, P. P., & WASSEN, M. J. (2006). The effects of groundwater discharge, mowing and eutrophication on fen vegetation evaluated over half a century. *Applied Vegetation Science*, *9*(2), 195–204.

VAN DER VALK, A. G. (1981). Succession in wetlands: a Gleasonian approach. *Ecology*, 688–696.

VAN DIGGELEN, R., MIDDLETON, B., BAKKER, J., GROOTJANS, A. P., & WASSEN, M. (2006). Fens and foodplains of the temperate zone: present status, threats, conservation and restoration. *Applied Vegetation Science*, *9*, 157–162.

VAN DIJK, J., ROBROEK, B., KARDEL, I., & WASSEN, M. (2012). Combined effects of nitrogen enrichment, sulphur pollution and climate change on fen meadow vegetation N:P stoichiometry and biomass. *Biogeochemistry*, *111*(1-3), 139–150.

VAN HAESEBROECK, V., BOEYE, D., VERHAGEN, B., & VERHEYEN, R. F. (1997). Experimental Investigation of Drought Induced Acidification in a Rich Fen Soil. *Biogeochemistry*, *37*(1), 15–32.

VASANDER, H., TUITTILA, E.-S., LODE, E., LUNDIN, L., ILOMETS, M., SALLANTAUS, T., … LAINE, J. (2003). Status and restoration of peatlands in northern Europe. *Wetlands Ecology and Management*, *11*(1-2), 51–63.

VEDDER, B., KAMPICHLER, C., BACHMANN, G., BRUCKNER, A., & KANDELER, E. (1996). Impact of faunal complexity on microbial biomass and N turnover in field mesocosms form a spruce forest soil. *Biology and Fertility of Soils*, *22*, 22–30.

VITTOZ, P., & GUISAN, A. (2007). How reliable is the monitoring of permanent vegetation plots? A test with multiple observers. *Journal of Vegetation Science, 18,* 413–422.

VITTOZ, P., BODIN, J., UNGRICHT, S., BURGA, C. A., & WALTHER, G.-R. (2008). One century of vegetation change on Isla Persa, a nunatak in the Bernina massif in the Swiss Alps. *Journal of Vegetation Science*, *19*(5), 671–680.

VITTOZ, P., RANDIN, C., DUTOIT, A., BONNET, F., & HEGG, O. (2009). Low impact of climate change on subalpine grasslands in the Swiss Northern Alps. *Global Change Biology*, *15*(1), 209–220.

WAMELINK, G. W. W., JOOSTEN, V., DOBBEN, H. VAN, & BERENDSE, F. (2002). Validity of Ellenberg indicator values judged from physico-chemical field measurements. *Journal of Vegetation Science*, *13*(2), 269–278.

WAMELINK, G. W. W., DOBBEN, H. VAN, & BERENDSE, F. (2003). Apparently we do need phytosociological classes to calibrate Ellenberg indicator values! *Journal of Vegetation Science*, *14*(4), 619–620.

WAMELINK, G. W., GOEDHART, P. W., VAN DOBBEN, H. F., & BERENDSE, F. (2005). Plant species as predictors of soil pH: Replacing expert judgement with measurements. *Journal of Vegetation Science*, *16*(4), 461–470.

WANG, H., XU, S., & SUN, L. (2006). Effects of climatic change on evapotranspiration in Zhalong wetland, northeast China. *Chinese Geographical Science*, *16*(3), 265–269.

WASSEN, M. J., BARENDREGT, A., PALCZYNSKI, A., DE SMIDT, J. T., & DE MARS, H. (1990). The relationship between fen vegetation gradients, groundwater flow and flooding in an undrained valley mire at Biebrza, Poland. *Journal of Ecology*, *78*(4), 1106–1122.

WASSEN, M. J., OKRUSZKO, T., KARDEL, I., CHORMANSKI, J., SWIATEK, D., MIODUSZEWSKI, W., … MEIRE, P. (2006). Eco-hydrological functionning of the Biebrza wetlands: lessons for the conservation and restoration of deteriorated wetlands. In *Wetlands: functionning, biodiversity conservation, and restoration* (Vol. 191, pp. 285–310). Berlin: Springer.

WEIDMANN, M., BERGER, J. P., ENGESSER, B., REICHENBACHER, B., SAUVAGNAT, J., & SCHÄFER, P. (2008). La Molasse de la Vallée de Joux (Jura, Suisse et France). *Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat.*, *91*(1), 69–101.

WELTZIN, J. F., LOIK, M. E., SCHWINNING, S., WILLIAMS, D. G., FAY, P. A., HADDAD, B. M., … LIN, G. (2003). Assessing the response of terrestrial ecosystems to potential changes in precipitation. *Bioscience*, *53*(10), 941–952.

WESCHE, K., KRAUSE, B., CULMSEE, H., & LEUSCHNER, C. (2012). Fifty years of change in Central European grassland vegetation: Large losses in species richness and animal-pollinated plants. *Biological Conservation*, *150*(1), 76–85.

WIDMER, A. (2013). *Caractérisation des formes d'humus alluviales sous aulnaies blanches subalpines*. Université de Neuchâtel: Laboratoire Sol & Végétation.

WILDERMUTH, H. (1995). Petits biotopes aquatiques des marais et leur importance pour les plantes et les animaux. In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1). Berne: OFEFP.

WILDING, L. P., & REHAGE, J. A. (1985). Pedogenesis of soils with aquic mositure regimes. In *Wetlands soils: characterizazion, classification, and utilization* (p. 560). Philippines: International Rice Research Institute.

WILLEMS, J. H., PEET, R. K., & BIK, L. (1993). Changes in chalk-grassland structure and species richness resulting from selective nutrient additions. *Journal of Vegetation Science*, *4*(2), 203–212.

WILSON, S. D., & NILSSON, C. (2009). Arctic alpine vegetation change over 20 years. *Global Change Biology*, *15*(7), 1676–1684.

WITTE, J. P. M., & VON ASMUTH, J. (2003). Do we really need phytosociological classes to calibrate Ellenberg indicator values? *Journal of Vegetation Science*, *14*(4), 615–618.

WYL, B., DIETL, W., & WENGER, D. (1992). Le pacage des hauts et bas-marais. In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1). Berne: OFEFP.

WYL, B., STADLER, F., & LEUPI, E. (1997). Soins minimaux des marais d'altitude. In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1, pp. 1–14). Berne: OFEFP.

ZANELLA, A., JABIOL, B., PONGE, J. F., SARTORI, G., DE WAAL, R., VAN DELFT, B., … ENGLISCH, M. (2011). A European morpho-

functional classification of humus forms. *Geoderma*, *164*, 138–145.

ZANELLA, A., JABIOL, B., PONGE, J.-F., SARTORI, G., DE WAAL, R., VAN DELFT, B., … LANGOHR, R. (2011). Humus forms ERB 2010. A European base for humus forms: proposal for morpho-functional classification., 51.

ZEDLER, J. B., & KERCHER, S. (2005). Wetland resources: status, trends, ecosystem services, and restorability. *Annual Review of Environment and Resources*, *30*(1), 39–74.

ZEITZ, J., & VELTY, S. (2002). Soil properties of drained and rewetted fen soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, *165*, 618–626.

ZELENÝ, D., & SCHAFFERS, A.P. (2012). Too good to be true: pitfalls of using mean Ellenberg indicator values in vegetation analyses. *Journal of Vegetation Science*, *23*, 419–431.

ZIMMERLI, S. (1996). Description des associations végétales des marais de transition. In *Manuel conservation des marais en Suisse : éléments de base* (Vols. 1-2, Vol. Volume 1). Berne: OFEFP.

UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL

UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL, FACULTÉ DES SCIENCES, INSTITUT DE BIOLOGIE,
LABORATOIRE SOL & VÉGÉTATION

BAS-MARAIS ET PRAIRIES HUMIDES DU HAUT-JURA : RELATIONS SOL-VÉGÉTATION ET ÉVOLUTION

THÈSE PRÉSENTÉE POUR L'OBTENTION DU GRADE DE DOCTEUR ÈS SCIENCES

PAR

VANESSA RION

VOLUME II : ANNEXES

MEMBRES DU JURY

JEAN-MICHEL GOBAT (Professeur, Université de Neuchâtel)	Co-directeur
PASCAL VITTOZ (Maître d'enseignement et de recherche, Université de Lausanne	Co-directeur
FRANÇOIS GILLET (Professeur, Université de Franche-Comté, Besançon)	Examinateur
ELISABETH FELDMEYER-CHRISTE (Docteure, WSL, Zürich)	Examinateur
CHRISTIAN PARISOD (Docteur, Université de Neuchâtel)	Examinateur
JEAN-JACQUES BRUN (Docteur, IRSTEA, Grenoble)	Examinateur

SOUTENUE À NEUCHÂTEL, LE 3 FÉVRIER 2015

TABLES DES ANNEXES

A Annexes générales 3

A.1 Cartes phytosociologiques de Jean-Daniel Gallandat, tracées en 1977. Sites de La Burtignière, du Sentier (Vallée de Joux, Suisse) et de Chapelle-des-Bois (France) 5

A.2 Synsystème de GALLANDAT (1982) utilisé dans cette thèse. Tiré de GALLANDAT (1982) 9

A.3 Photos aériennes Vallée de Joux (anciennes : 1979-1980 ; actuelles : 2008-2009) 13

A.4 Tableau contenant diverses informations sur tous les relevés et leurs spécificités (coordonnées, recouvrements, lieu, exposition, pente, surface) 15

A.5 Fiches détaillées pour chaque relevé (avec liste d'espèces végétales, sols et formes d'humus, photos et schémas, rattachement aux nomenclatures) 27

Relevés/profils sur le site de la Burtignière 28
Relevés/profils sur le site du Sentier 100
Relevés/profils sur le site de Chapelle-des-Bois 123

B Annexes Approche synchronique 151

B.1 Liste des espèces végétales rencontrées dans les 117 relevés de l'approche synchronique 153

B.2 Tableaux homotones pour chaque groupe du groupement 157

B.3 Tableau contenant tous les relevés de l'approche synchronique 167

B.4 Tableau de toutes les espèces détectées par l'indice Indval, avec leur p-value et le groupe maximal auquel elles appartiennent 169

B.5 Tableau contenant les valeurs indicatrices de Landolt et les indices de diversité pour chaque relevé 173

B.6 Groupement des relevés de végétation (dendrogramme + silhouette) 177

B.7 Tableau contenant les informations sur les relevés ainsi que leur rattachement phytosociologique (alliance, association, sous-association, variante ou faciès, forme ; selon le synsystème de GALLANDAT (1982)), et leur appartenance aux groupes du dendrogramme 179

B.8 Fiche utilisée sur le terrain pour les relevés phytosociologiques 185

B.9 Protocoles des analyses du Laboratoire Sol & Végétation utilisés sur le terrain ou en laboratoire 187

B.9.1 Détermination de la texture, de la structure et de la teneur en carbonates des horizons pédologiques 187
B.9.2 Teneur en eau et humidité résiduelle 189
B.9.3 Perte au feu (PAF) 191
B.9.4 Capacité d'échange cationique (CEC, méthode à l'acétate d'ammonium) 193
B.9.5 Carbone organique (Corg, méthode Anne) 201
B.9.6 Granulométrie organique et minérale 205
B.9.7 Indice von Post pour la détermination des horizons histiques sur le terrain 219

B.10 Groupement des profils ou sondages pédologiques (dendrogramme + silhouette) : SOLS 221

B.11 Tableau contenant les informations sur les profils de sols, les épaisseurs des horizons et autres paramètres utilisés dans le groupement, ainsi que leur rattachement à la nomenclature (BAIZE & GIRARD, 2009) et leur appartenance aux groupes du dendrogramme 223

B.12 Groupement des profils ou sondages pédologiques (dendrogramme, silhouette) : FORMES D'HUMUS 225

B.13 Tableau contenant les informations sur les profils de formes d'humus, les épaisseurs des horizons et autres paramètres utilisés dans le groupement, ainsi que leur rattachement aux nomenclatures de ZANELLA *et al.* (2011) et de JABIOL *et al.* (2013) et leur appartenance aux groupes du dendrogramme 227

B.14 Tableau des relevés avec leur rattachement phytosociologique (GALLANDAT, 1982) ainsi que leur nom de sols (BAIZE & GIRARD, 2009) et de formes d'humus (ZANELLA *et al.*, 2011 ; JABIOL *et al.,* 2013) 231

B.15 Fiche utilisée sur le terrain pour la description des sols et formes d'humus 235

C Annexes Approche diachronique 237

C.1 Liste des espèces végétales rencontrées dans les relevés de l'approche synchronique (relevés anciens et nouveaux) 239

C.2 Tableau contenant les valeurs indicatrices de Landolt et les indices de diversité pour chaque relevé (anciens et nouveaux) 245

C.3 Graphiques représentant les différences des valeurs de Landolt entre 2012 et 1974 253

C.4 Tableau résumé des relevés de l'approche diachronique (anciens et nouveaux) avec leur rattachement phytosociologique (GALLANDAT, 1982), ainsi que leurs noms de sols (BAIZE & GIRARD, 2009) et de formes d'humus (ZANELLA *et al.*, 2011 ; JABIOL *et al.,* 2013). La valeur moyenne pour chaque valeur indicatrice de Landolt est ajoutée pour chaque relevé 257

C.5 Tableaux par alliances (*Molinion, Filipendulion, Calthion, Caricion davallianae* et *Caricion fuscae)* des proportions d'espèces, représentant l'évolution des proportions d'espèces entre 1974 et 2012 269

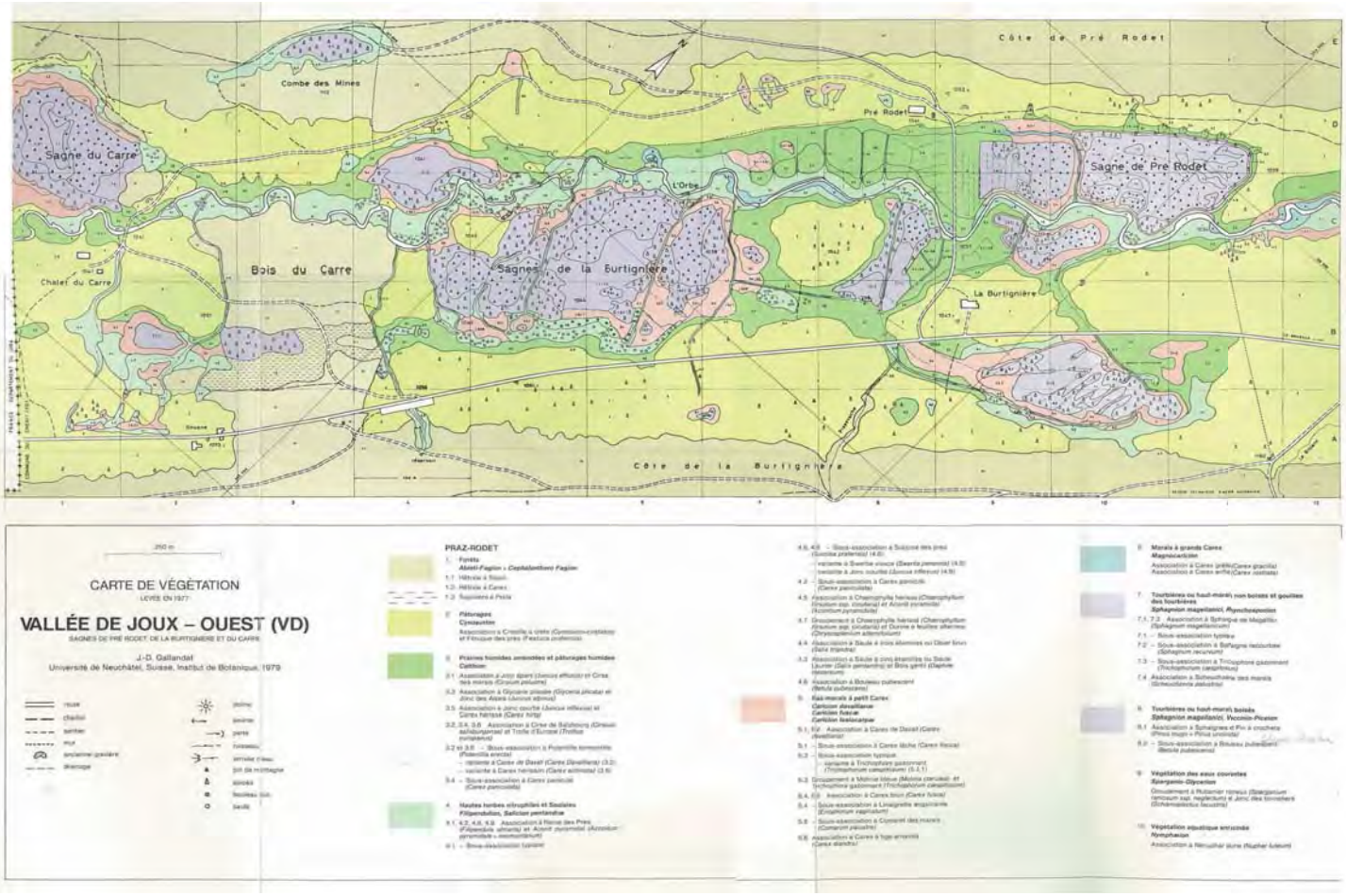
C.5.1 *Molinion* 269
C.5.2 *Calthion* 273
C.5.3 *Filipendulion* 277
C.5.4 *Caricion davallianae* 281
C.5.5 *Caricion fuscae* 285

C.6 Tableau résumé de la végétation et des formes d'humus, avec les différents horizons pédologiques et autres paramètres pédologiques utilisés dans l'approche diachronique 289

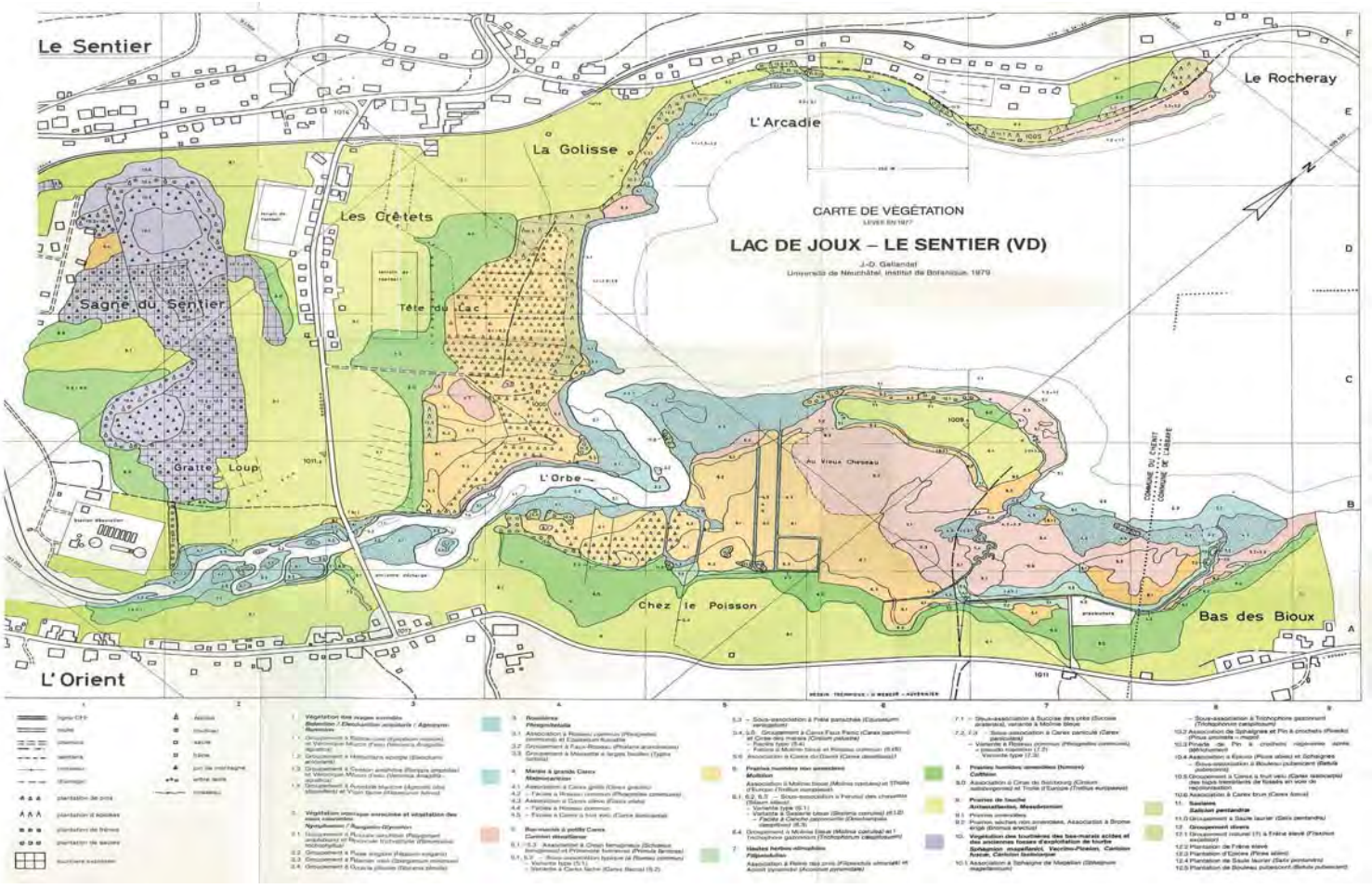
Annexes A

ANNEXES GENERALES

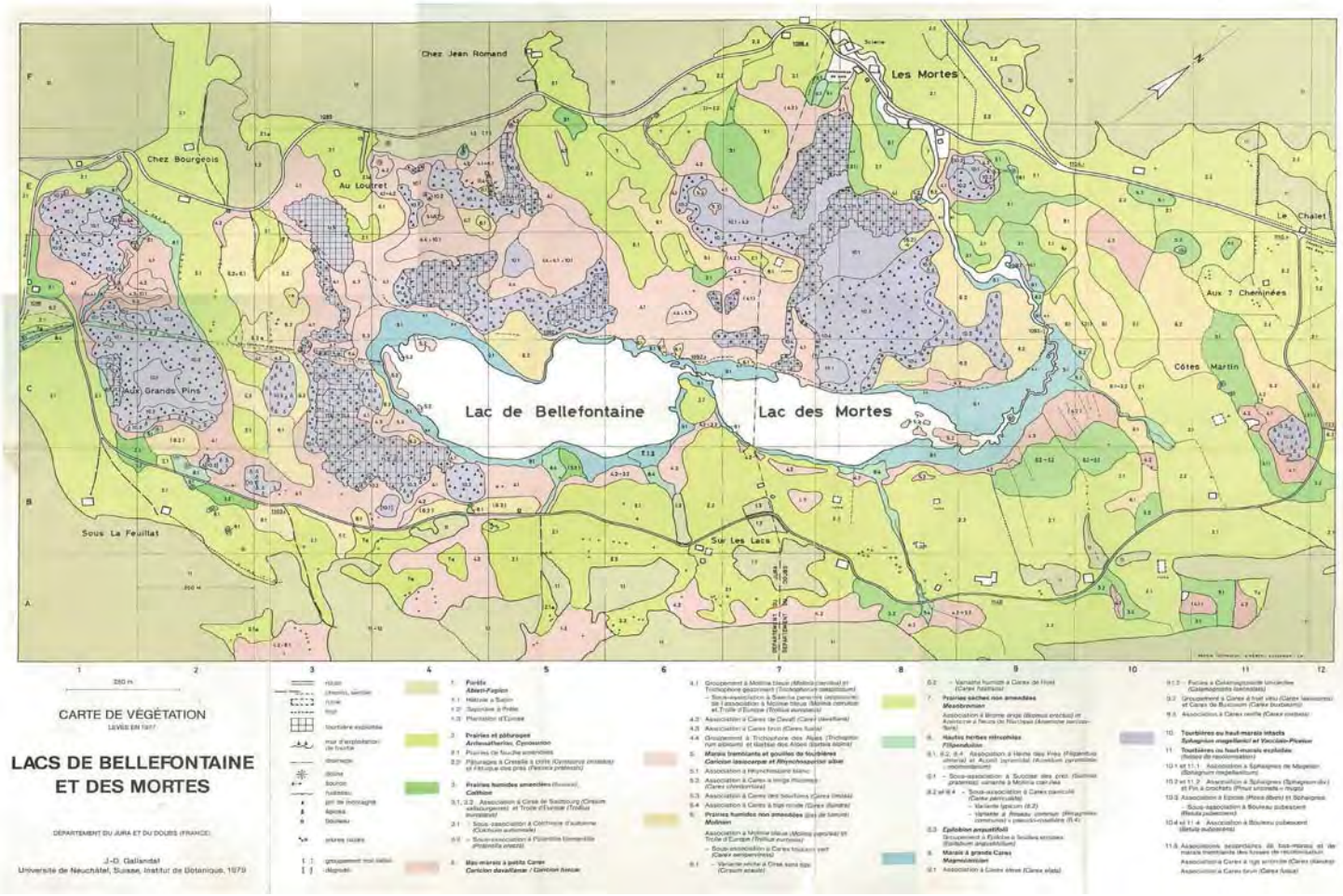
CARTE PHYTOSOCIOLOGIQUE DU SITE DE LA BURTIGNIERE, VALLEE DE JOUX, SUISSE (GALLANDAT, 1982)



CARTE PHYTOSOCIOLOGIQUE DU SITE DU SENTIER, VALLEE DE JOUX, SUISSE (GALLANDAT, 1982)



CARTE PHYTOSOCIOLOGIQUE DU SITE DE CHAPELLE-DES-BOIS,FRANCHE-COMTE, FRANCE (GALLANDAT, 1982)



SYNTAXONOMIE DES GROUPEMENTS ETUDIES

Tb: Tableau — Sy: Syntaxon

Classe: *Scheuchzerio-Caricetea fuscae* (Nordh.36) Tx.37

Ordre: *Tofieldietalia* Prsg.in Oberd.49

→ Alliance: *Caricion davallianae* Klika 34

Association: *Caricetum davallianae* Dutoit 24

Sous-assoc.: *Caricetum davallianae typicum*

Tb 2 — Variante type — Sy 1

Tb 3 — Variante à *Trichophorum caespitosum* — Sy 2

Tb 4 — Sous-assoc.: *Caricetum davallianae caricetosum flaccae*

Variante à *Swertia perennis* — Sy 3

Variante à *Pedicularis palustris* — Sy 4

Variante à *Epipactis palustris* — Sy 5

Tb 5 — Groupement à *Molinia coerulea* et *Trichophorum caespitosum* — Sy 6

Tb 6 — Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartsia alpina* — Sy 7

Association: *Primulo-Schoenetum ferruginei* Oberd.57

Tb 7 — Sous-assoc.: *Primulo-Schoenetum typicum*

Variante type — Sy 8

Variante à *Carex flacca* — Sy 9

Tb 8 — Sous-assoc.: *Primulo-Schoenetum equisetosum variegati* — Sy 10

Tb 9 — Groupement à *Carex panicea* *Cirsium palustre* — Sy 11

Groupement à *Eleocharis pauciflora* — Sy 12

Ordre: *Caricetalia fuscae* W.Koch 26 em Nordh.37

→ Alliance: *Caricion fuscae* W.Koch 26 em Klika 34

Association: *Caricetum fuscae* Br.-Bl.15

Sous-assoc.: *Caricetum fuscae trichophoretosum*

Tb 10 — Variante à *Calluna vulgaris* — Sy 13

Tb 11 — Variante à *Festuca commutata* — Sy 14

Sous-assoc.: *Caricetum fuscae comaretosum*

Tb 12 — Variante à *Carex diandra* — Sy 15

Variante à *Holcus lanatus* — Sy 16

Ordre: *Scheuchzerietalia palustris* Nordh.37 (*)

→ Alliance: *Caricion lasiocarpae* Vanden Bergh.in Lebr. et al,49

Tb 13 — Groupement à *Carex diandra* et *Carex rostrata* — Sy 17

Association: *Sphagno-Caricetum lasiocarpae* Steffen 31 em.Pass. 64 — Sy 18

Tb.14 — Groupement à *Carex heleonastes* — Sy 19

Tb 15 — Association: *Caricetum chordorrhizae* Paul et Lutz 41 — Sy 20

Tb 16 — Association: *Caricetum diandrae* Jonas 32 — Sy 21

→ Alliance: *Rhynchosporion albae* W.Koch 26

Associations: *Scheuchzerietum palustris* Tx.37 — Sy 22

Tb 17 — *Rhynchosporetum albae* W.Koch 26 — Sy 23

Tb 18 — *Scorpidio-Caricetum limosae* Osv.23 — Sy 24

Classe: *Molinio-Arrhenatheretea* Tx.37

Ordre: *Molinietalia* W.Koch 26

→ Alliance: *Molinion coeruleae* W.Koch 26

Association: *Trollio-Molinietum coeruleae* Guinochet 55 em.Gallandat

Tb 20 — Sous-assoc.: *Trollio-Molinietum holcetosum* — Sy 25

(*) En rattachant cet ordre à la classe des *Scheuchzerio-Caricetea fuscae*, nous avons adopté le point de vue d'Oberdorfer. Toutefois, cette manière de voir est controversée par Tüxen (1978) qui propose le rattachement à la classe des *Oxycocco-Sphagnetea*.

Tb 21 Sous-assoc.: *Trollio-Molinietum stachyetosum*

Variante à *Galium verum* Sy 26

Variante à *Gentiana verna* Sy 27

Tb 22 Sous-assoc.: *Trollio-Molinietum silaetosum*

Variante type Sy 28

Variante à *Sesleria coerulea* Sy 29

Tb 23 Sous-assoc.: *Trollio-Molinietum swertietosum* Sy 30

Tb 24 Sous-assoc.: *Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*

Variante à *Cirsium acaule* Sy 31

Variante à *Carex hostiana* Sy 32

→ Alliance: *Calthion palustris* Tx.37

Association: *Trollio-Cirsietum* Oberd.57

Tb 26 Sous-assoc.: *Trollio-Cirsietum fritillarietosum*

Variante à *Eriophorum angustifolium* Sy 33

Variante à *Ranunculus aconitifolius* Sy 34

Tb 27 Sous-assoc.: *Trollio-Cirsietum potentilletosum*

Variante à *Viola palustris* Sy 35

Variante à *Carex davalliana* Sy 36

Tb 28 Sous-assoc.: *Trollio-Cirsietum caricetosum paniculatae* Sy 37

Tb 29 Sous-assoc.: *Trollio-Cirsietum colchicetosum*

Variante type Sy 38

Variante à *Veratrum album* Sy 39

Variante à *Festuca capillata* Sy 40

Tb 30 Association: *Cirsio-Juncetum effusi* ass.nov.

Sous-assoc.: *Cirsio-Juncetum effusi Caricetosum leporinae*

Variante à *Carex echinata* Sy 41

Variante à *Blysmus compressus* Sy 42

Groupement à *Juncus inflexus* Sy 43

→ Alliance: *Filipendulion* Seg.66

Association: *Aconito-Filipenduletum* ass.nov.

Tb 32 Sous-assoc.: *Aconito-Filipenduletum typicum*

Variante à *Trollius europaeus* Sy 44

Variante à *Calamagrostis lanceolata* Sy 45

Tb 33 Sous-assoc.: *Aconito-Filipenduletum polemonietosum*

Variante à *Geranium palustre* Sy 46

Variante à *Scirpus silvaticus* Sy 47

Variante à *Carex paradoxa* Sy 48

Variante à *Carex elata* Sy 49

Tb 36 Sous-assoc.: *Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*

Variante type Sy 50

Variante à *Phragmites communis* Sy 51

Tb 37 Sous-assoc.: *Aconito-Filipenduletum agropyretosum* Sy 52

Sous-assoc.: *Aconito-Filipenduletum succisetosum*

Variante à *Swertia perennis* Sy 53

Tb 34 Variante à *Juncus inflexus* Sy 54

Tb 35 Variante à *Molinia coerulea* Sy 55

Tb 38 Association: *Aconito-Chaerophylletum* ass.nov.

Variante type Sy 56

Variante à *Cirsium oleraceum et Geranium silvaticum* Sy 57

Classe: *Artemisietea* Lohn, Prsg. et Tx. in Tx.50

Ordre: *Convolvuletalia*

→ Alliance: *Aegopodion*

Tb 39 Association: *Petasitetum hybridi* Schwick.33

Variante type (sous-ass. ?) Sy 58

Variante à *Cirsium oleraceum* (sous-ass. ?) Sy 59

Variante à *Carduus personata* (sous-ass. ?) Sy 60

Classe: *Phragmitetea* Tx. et Prsg.42

Ordre: *Phragmitetalia* W.Koch 26

→ Alliance: *Magnocaricion elatae* W.Koch 26

Tb 41 Association: *Caricetum gracilis* Tx.37

Variante à *Carex acutiformis* Sy 61

Variante à *Equisetum fluviatile* Sy 62

Tb 40 Association: *Caricetum elatae* W.Koch 26

Variante à *Phragmites communis* Sy 63

Variante à *Senecio paludosus* Sy 64

Tb 42 Association: *Caricetum rostratae* Rub.12 Sy 65

Association: *Caricetum appropinquatae* Sy 66

Tb 43 Groupement à *Carex buxbaumi et Carex lasiocarpa* Sy 67

Tb 44 Groupement à *Menyanthes trifoliata* Sy 68

→ Alliance: *Phragmition australis* W.Koch 26

Tb 45 Groupement à *Phalaris arundinacea (Phalaridetum arundinaceae ?)* Sy 69

Tb 46 Groupement à *Equisetum fluviatile* Steffen 31 Sy 70

Tb 47 Groupement à *Sparganium ramosum ssp.neglectum* Sy 71

→ Alliance: *Sparganion-Glycerion* Br.Bl. et Siss.in Boer 42

Tb 48 Groupement à *Glyceria plicata et Juncus alpino-articulatus* Sy 72

Association: *Glycerietum fluitantis* Wils.35 Sy 73

Groupement à *Sparganium simplex* Sy 74

Tb 49 p. 159 Groupement à *Apium nodiflorum* Sy 75

Classe: *Potamogetonetea pectinati* Tx. et Prsg.42 corr.Oberd. 79

Ordre: *Potamogetonetalia pectinati* W.Koch 26 corr.Oberd. 79

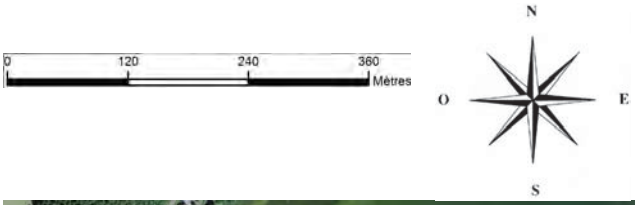
→ Alliance: *Nymphaeion albae* Oberd.57 corr.79

Tb 50 Association: *Myriophyllo-Nupharetum* W.Koch 26 Sy 76

Tb 51 Groupement à *Sparganium minimum* Sy 77

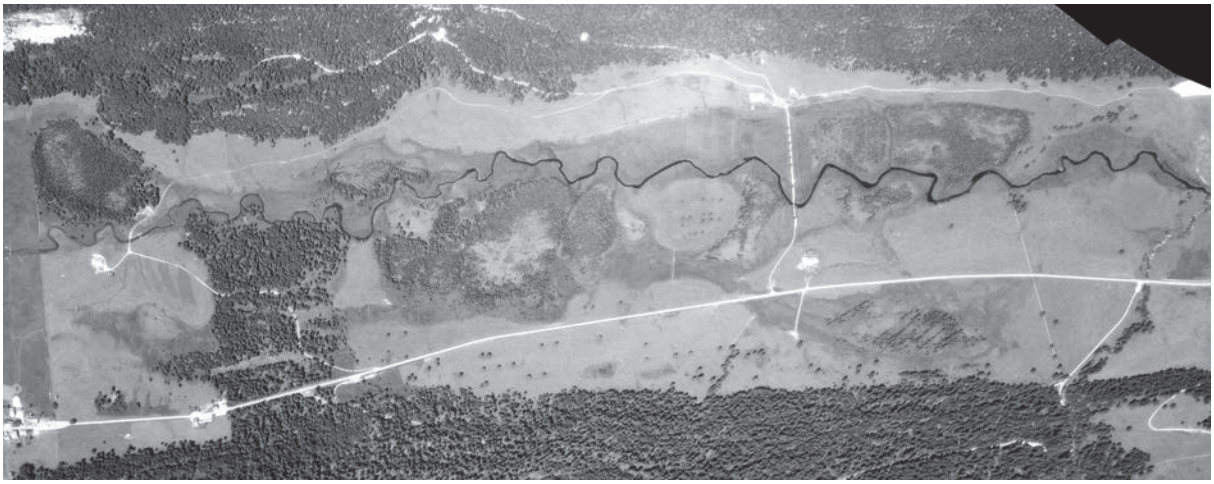
Site du Sentier

Orthophoto de 1979 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).



Orthophoto de 2008 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).

Site de La Burtignière



Orthophoto de 1980 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).

Orthophoto de 2008-2009 provenant de l'Office fédéral de topographie (swisstopo, CH-3084 Wabern).

INFORMATIONS SUR RELEVES											COORDONNEES		REMARQUES		RECOUVREMENTS (%)								Nombre espèces	HAUTEURS STRATES (A : arbres; B : buissons; H : herbes)					
CodeOriginal	Commune	Lieu-dit	Date	Auteur	Surface	Altitude	Exposition	Pente	Utilisation	Relief	X	Y	Repères	Remarques	Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	litière	Blocs	Pierres	Graviers	Sol nu		HmoyA	HmaxA	HmoyB	HmaxB	HmoyH	HmaxH
1090_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes	20 07 1977	JDG	20	1093					497281	159810					100							51						
1090_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes	28 06 2013	VR	20	1093	228	5	fauché	en légère pente	497277	159810	proche du sentier (1m à gauche) et proche du pont sur la rivière		0	0	80	20	20	0	0	0	20	34					25	60
1090_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes	28 06 2013	VR	25	1093	228	5	fauché	en légère pente	497277	159810	proche du sentier (1m à gauche) et proche du pont sur la rivière		0	0	80	20	20	0	0	0	20	34					25	60
1095_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Au Loutret	21 07 1976	JDG	20	1105					496140	158871					100							40						
1095_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Au Loutret	27 06 2013	VR	20	1105	114	0	fauché	plat	496144	158872	haut de la butte sur le plat, à 1 m de la barrière, dans le coin à angle droit		0	0	100	5	20	0	0	0	0	37					30	70
1095_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Au Loutret	27 06 2013	VR	25	1105	114	0	fauché	plat	496144	158872	haut de la butte sur le plat, à 1 m de la barrière, dans le coin à angle droit		0	0	100	5	20	0	0	0	0	40					30	70
1106_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes	03 08 1976	JDG	15	1096					497238	159509		au nord, lac des Mortes, bas de pente			100							17						
1106_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes	26 07 2012	VR, SG, SG, VF	15	1096	320	0	à la limite du molinion fauché	bas de pente	497235	159506	bas d epente en bordure du lac des Mortes, à la limite du Molinion fauché		0	0	100	100	5	0	0	0	0	26					50	85
1106_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes	26 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1096	320	0	à la limite du molinion fauché	bas de pente	497235	159506	bas d epente en bordure du lac des Mortes, à la limite du Molinion fauché		0	0	100	100	5	0	0	0	0	28					50	85
1109_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	lac des Mortes	03 08 1976	JDG	20	1101					497241	159571					100							49						
1109_VR	Chapelle-des-Bois, FR	lac des Mortes	27 06 2013	VR	20	1101	136	3	fauché en juillet	en pente	497242	159570	proche du sentier au bord des lacs, en milieu de pente	caillou calcaire affleurant dans la pente du champ proche du relevé; présence de foyers de feu dans le champ en lisière de la forêt; proche du relevé 5789	0	0	80	20	20	0	0	0	20	30					25	40
1109_VR	Chapelle-des-Bois, FR	lac des Mortes	27 06 2013	VR	25	1101	136	3	fauché en juillet	en pente	497242	159570	proche du sentier au bord des lacs, en milieu de pente	caillou calcaire affleurant dans la pente du champ proche du relevé; présence de foyers de feu dans le champ en lisière de la forêt; proche du relevé 5789	0	0	80	20	20	0	0	0	20	30					25	40
1110_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes	03 08 1976	JDG	20	1091					496956	159251		roche presque affleurant, petite butte			100							31						
1110_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes	27 06 2013	VR	20	1091	170	3	pas fauché ni utilisé	en légère pente en direction du lac des Mortes	496957	159254	bordure du lac des Mortes	sapin en hauteur à 6 mètres du point GPS	0	0	90	10	10	0	0	0	10	21					50	70
1110_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes	27 06 2013	VR	25	1091	170	3	pas fauché ni utilisé	en légère pente en direction du lac des Mortes	496957	159254	bordure du lac des Mortes	sapin en hauteur à 6 mètres du point GPS	0	0	90	10	10	0	0	0	10	21					50	70
1114_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Aux Grands Pins	05 08 1976	JDG	100	1089					496100	158181		contact tourbière - prairie arhenatherion			100							25						
1114_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Aux Grands Pins	24 07 2012	VR, SG, SG, VF	100	1089	354	5	-	en pente, vers le Nord	496106	158181	bord de route, sous le chemin allant vers les Lacs, bord de pré de fauche et bord de tourbière	rochers aux alentours	0	0	100	15	80	0	0	0	0	23					110	180
1114_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Aux Grands Pins	24 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1089	354	5	-	en pente, vers le Nord	496106	158181	bord de route, sous le chemin allant vers les Lacs, bord de pré de fauche et bord de tourbière	rochers aux alentours	0	0	100	15	80	0	0	0	0	13					110	180
1115_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Bellefontaine	05 08 1976	JDG	30	1092					496768	159096		blocs apparents			100							54						
1115_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Bellefontaine	23 06 2012	VR	30	1092	200	1	non	en pente en direction du lac de Bellefontaine	496770	159094	en bordure du chemin longeant le lac de Bellefontaine, entre saules		0	0	100	5	80	0	0	0	0	30					40	100
1115_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Bellefontaine	23 06 2012	VR	25	1092	200	1	non	en pente en direction du lac de Bellefontaine	496770	159094	en bordure du chemin longeant le lac de Bellefontaine, entre saules		0	0	100	5	80	0	0	0	0	30					40	100
1117_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Bellefontaine	05 08 1976	JDG	30	1092					496827	159166		non fauché			100							38						
1117_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Bellefontaine	24 06 2012	VR	30	1092	144	1	non	en pente en direction du lac de Bellefontaine, sur une bossette	496826	159168	première bossette le long du chemin longeant le lac de Bellefontaine, à droite se trouve la buttes avec des roches, gros épicéas proches du relevé		0	0	95	0	100	0	0	0	5	17					40	80
1117_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Bellefontaine	24 06 2012	VR	25	1092	144	1	non	en pente en direction du lac de Bellefontaine, sur une bossette	496826	159168	première bossette le long du chemin longeant le lac de Bellefontaine, à droite se trouve la buttes avec des roches, gros épicéas proches du relevé		0	0	95	0	100	0	0	0	5	16					40	80
1118_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Bellefontaine	05 08 1976	JDG	40	1098					496809	159136		bande avançant presque jusqu'au lac			100							45						
1118_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Bellefontaine	25 07 2012	VR, SG, SG, VF	40	1098	160	2	sentier aux abords	en légère pente contre le lac de Bellefontaine (sud-ouest)	496813	159149	en bordure du lac de Bellefontaine, 2ème petite buttes		0	0	100	20	30	0	0	0	0	28					40	97
1118_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Bellefontaine	25 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1098	160	2	sentier aux abords	en légère penta contre le lac de Bellefontaine (sud-ouest)	496813	159149	en bordure du lac de Bellefontaine, 2ème petite buttes		0	0	100	20	30	0	0	0	0	30					40	97
12/88a_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes	19 06 1988	JDG	50	1098					496738	159246		nord du lac Bellefontaine, légère pente, prairie de fauche			100							63						
12/88a_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes	26 07 2012	VR, SG, SG, VF	50	1098	114	1	-	pente en direction du lac	496738	159245	prairie de fauche en dessus, dans une zone de petits sapins et bouleaux, avec 1 grand bouleau sur la droite	nombreux touradons de molinie	0	0	90	0	95	0	0	0	10	22					45	112
12/88a_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes	26 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1098	114	1	-	pente en direction du lac	496738	159245	prairie de fauche en dessus, dans une zone de petits sapins et bouleaux, avec 1 grand bouleau sur la droite	nombreux touradons de molinie	0	0	90	0	95	0	0	0	10	15					45	112
1224_JDG	Le Chenit, CH	Au Vieux Cheseau, proche du lac	05 09 1976	JDG	30	1005					509008	163323		vallonement avec blocs apparents par place			95							33						
1224_VR	Le Chenit, CH	Au Vieux Cheseau, proche du lac	22 06 2012	VR	30	1005	350	3	non	en pente descendante, proche du lac	509008	163323	dans la bande derrière le pâturage, entre de gros épicéas	humide, nombreuses buttes et trous	0	0	50	50	20	0	0	0	0	26					25	70
1224_VR	Le Chenit, CH	Au Vieux Cheseau, proche du lac	22 06 2012	VR	25	1005	350	3	non	en pente descendante, proche du lac	509008	163323	dans la bande derrière le pâturage, entre de gros épicéas	humide, nombreuses buttes et trous	0	0	50	50	20	0	0	0	0	25					25	70
1296_JDG	Le Chenit, CH	Tête du Lac, Le Sentier	16 05 1977	JDG	20	1004					508334	162701		non fauché, contact Schoenetum-molinietum			100							35						

INFORMATIONS SUR RELEVES											COORDONNEES		REMARQUES		RECOUVREMENTS (%)									Espèces	HAUTEURS STRATES (A : arbres; B : buissons; H : herbes)					
CodeOriginal	Commune	Lieu-dit	Date	Auteur	Surface	Altitude	Exposition	Pente	Utilisation	Relief	X	Y	Repères	Remarques	ARBRES	BUISSONS	HERBES	MOUSSES	LITIERE	BLOCS	PIERRES	GRAVIER	SOL NU		HmoyA	HmaxA	HmoyB	HmaxB	HmoyH	HmaxH
1296_VR	Le Chenit, CH	Tête du Lac, Le Sentier	27 06 2012	VR	20	1004	320	0	fauché par le paysan	plat	508334	162703	près des maisons des Crêtets, en bordure du petit sentier et du chemin	une petite bande de C.dav subsiste encore mais seulement en bordure du Filipendulion; CHANGEMENT	0	0	100	0		0	0	0	0	26					80	137
1296_VR	Le Chenit, CH	Tête du Lac, Le Sentier	27 06 2012	VR	25	1004	320	0	fauché par le paysan	plat	508334	162703	près des maisons des Crêtets, en bordure du petit sentier et du chemin	une petite bande de C.dav subsiste encore mais seulement en bordure du Filipendulion; CHANGEMENT	0	0	100	0		0	0	0	0	26					80	137
1297_JDG	Le Chenit, CH	Tête du Lac, Le Sentier	16 05 1977	JDG	20	1006					508321	162687					100	100						41						
1297_VR	Le Chenit, CH	Tête du Lac, Le Sentier	26 06 2013	VR	20	1006	0	1	fauché	plat	508320	162685	en bordure du petit sentier à 5 m de la lisière, bordure du chemin des Crêtets	parcelle 1297 appartenant à la commune	0	0	99	0	0	0	0	0	1	29					70	80
1297_VR	Le Chenit, CH	Tête du Lac, Le Sentier	26 06 2013	VR	25	1006	0	1	fauché	plat	508320	162685	en bordure du petit sentier à 5 m de la lisière, bordure du chemin des Crêtets	parcelle 1297 appartenant à la commune	0	0	99	0	0	0	0	0	1	29					70	80
1351_JDG	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	14 06 1977	JDG	30	1003					509087	163098		Vieux Chesaux, ouest du chemin allant au barge, zone profonde inondée			80	90						15						
1351_VR	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	28 06 2012	VR	30	1003	0	0	non	plat	509087	163097	au bord du chemin inondé allant au champ, la zone est profonde et inondée	présence d'eau dans le relevé (20%) et aux alentours	0	0	60	100		0	0	0	0	21					30	80
1351_VR	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	28 06 2012	VR	25	1003	0	0	non	plat	509087	163097	au bord du chemin inondé allant au champ, la zone est profonde et inondée	présence d'eau dans le relevé (20%) et aux alentours	0	0	60	100		0	0	0	0	21					30	80
1352_JDG	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	14 06 1977	JDG	20	1003					509071	163124		plus sec que le 1351			95							26						
1352_VR	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	22 06 2012	VR	20	1003	200	0	traces de passage (petit sentier) aux abords	plat	509070	163122	touffes d'arbres devant le relevé; se situe à gauche du chemin inondé allant au pâturage	humide; menaces: phragmites?	0	1	70	1	20	0	0	0	19	29				90	25	60
1352_VR	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	22 06 2012	VR	25	1003	200	0	traces de passage (petit sentier) aux abords	plat	509070	163122	touffes d'arbres devant le relevé; se situe à gauche du chemin inondé allant au pâturage	humide; menaces: phragmites?	0	1	70	1	20	0	0	0	19	29				90	25	60
1376_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes, ruine	21 06 1977	JDG	35	1104					496693	159344					100							44						
1376_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes, ruine	27 06 2013	VR	35	1104	90	1	fauché	légère pente	496692	159347	en dessus du relevé 58_89b, dans le champ, proche de la forêt	aplani en août 2013 (nombreux trous creusé et rebouchés?)	0	0	90	80	20	0	0	0	0	43					25	50
1376_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes, ruine	27 06 2013	VR	25	1104	90	1	fauché	légère pente	496692	159347	en dessus du relevé 58_89b, dans le champ, proche de la forêt	aplani en août 2013 (nombreux trous creusé et rebouchés?)	0	0	90	80	20	0	0	0	0	43					25	50
1377_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes, ruine	21 06 1977	JDG	30	1104					496848	159463		subplat			95							48						
1377_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes, ruine	26 07 2012	VR, SG, SG, VF	30	1104	98	3	pas fauché	en pente vers l'est (lac)	496848	159462	est de la ruine, en haut de la colline		0	0	100	?	90	0	0	0	0	31					50	93
1377_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Les Mortes, ruine	26 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1104	98	3	pas fauché	en pente vers l'est (lac)	496848	159462	est de la ruine, en haut de la colline		0	0	100	?	90	0	0	0	0	29					50	93
1392_JDG	Le Chenit, CH	Tête du Lac, le Sentier	27 07 1977	JDG	20	1007					508451	162707		butte (moraine?)			100							36						
1392_VR	Le Chenit, CH	Tête du Lac, le Sentier	18 06 2012	VR	20	1007	340	2	non	légèrement en pente	508450	162707	à gauche du relevé 1394, tout proche d'un grand sapin	Roseaux et filipendula comme menaces?	0	0	80	1	19	0	0	0	19	22					60	85
1392_VR	Le Chenit, CH	Tête du Lac, le Sentier	18 06 2012	VR	25	1007	340	2	non	légèrement en pente	508450	162707	à gauche du relevé 1394, tout proche d'un grand sapin	Roseaux et filipendula comme menaces?	0	0	80	1	19	0	0	0	19	25					60	85
1393_JDG	Le Chenit, CH	Tête du Lac, le Sentier	27 07 1977	JDG	30	1004					508464	162634					100							31						
1393_VR	Le Chenit, CH	Tête du Lac, le Sentier	19 06 2012	VR	30	1004	340	1	non	sur une cuvette, légèrement en pente descendante	508463	162636	2 petits arbustes présents devant le relevé	menaces: roseaux?	0	0	60	0	40	0	0	0	3	16					40	105
1393_VR	Le Chenit, CH	Tête du Lac, le Sentier	19 06 2012	VR	25	1004	340	1	non	sur une cuvette, légèrement en pente descendante	508463	162636	2 petits arbustes présents devant le relevé	menaces: roseaux?	0	0	60	0	40	0	0	0	2	16					40	105
1394_JDG	Le Chenit, CH	Tête du Lac, le Sentier	27 07 1977	JDG	20	1011					508416	162682					100							33						
1394_VR	Le Chenit, CH	Tête du Lac, le Sentier	18 06 2012	VR	20	1011	340	3	non	légèrement en pente	508415	162681	à droite du relevé 1392, sapins et un bouleau à droite, caricion davalliana à l'arrière	nombreux touradons formant de grosses buttes; menaces: saules	0	0	75	1	34	0	0	0	34	20					35	60
1394_VR	Le Chenit, CH	Tête du Lac, le Sentier	18 06 2012	VR	25	1011	340	3	non	légèrement en pente	508415	162681	à droite du relevé 1392, sapins et un bouleau à droite, caricion davalliana à l'arrière	nombreux touradons formant de grosses buttes; menaces: saules	0	0	75	1	34	0	0	0	34	21					35	60
1395_JDG	Le Chenit, CH	Tête du Lac, le Sentier	27 07 1977	JDG	30	1008					508551	162768		près de la maisonnette, faciès à Sesleria			90							22						
1395_VR	Le Chenit, CH	Tête du Lac, le Sentier	19 06 2012	VR	30	1008	320	0	coupe d'arbres car souches au sol	plat	508551	162770	dans une petite clairière bordée d'épicéas à droite et de bouleaux + saules à gauche	souches au sol (10%)	0	1	80	0	60	0	0	0	6	30			55	70	40	100
1395_VR	Le Chenit, CH	Tête du Lac, le Sentier	19 06 2012	VR	25	1008	320	0	coupe d'arbres car souches au sol	plat	508551	162770	dans une petite clairière bordée d'épicéas à droite et de bouleaux + saules à gauche	souches au sol (10%)	0	1	70	0	60	0	0	0	5	29			55	70	40	100
1397_JDG	Le Chenit, CH	Les Bioux	28 07 1977	JDG	40	1110					509185	162919					100													
1397_VR	Le Chenit, CH	Les Bioux	26 06 2013	VR	40	1010	290	0	fauché	plat, légère pente en direction du lac	509183	162919	au bord du petit sentier en bois, avant le chemin inondé, dans le champ, à 3 mètres du ponton	parcelle 939 appartenant à Reymond Henri aux Bioux; présence de roseaux en bordure du petit sentier en bois	0	0	99	0	1	0	0	0	1	25					70	80
1397_VR	Le Chenit, CH	Les Bioux	26 06 2013	VR	25	1010	290	0	fauché	plat, légère pente en direction du lac	509183	162919	au bord du petit sentier en bois, avant le chemin inondé, dans le champ, à 3 mètres du ponton	parcelle 939 appartenant à Reymond Henri aux Bioux; présence de roseaux en bordure du petit sentier en bois	0	0	99	0	1	0	0	0	1	25					70	80

INFORMATIONS SUR RELEVES											COORDONNEES		REMARQUES		RECOUVREMENTS (%)								Espèces	HAUTEURS STRATES (A : arbres; B : buissons; H : herbes)					
CodeOriginal	Commune	Lieu-dit	Date	Auteur	Surface	Altitude	Exposition	Pente	Utilisation	Relief	X	Y	Repères	Remarques	ARBRES	BUISSONS	HERBES	MOUSSES	LITIERE	BLOCS	PIERRES	GRAVIER	SOL NU		HmoyA	HmaxA	HmoyB	HmaxB	HmoyH	HmaxH
1398_JDG	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	28 07 1977	JDG	20	1008					509113	163218		extrémité nord-est de la grève, non loin du point 1007; terrain fortement vallonné, ancienne grève, sol mince, végétation ouverte			70							41						
1398_VR	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	28 06 2012	VR	20	1008	20	0	nombreux déchets	légère pente descendante en direction du lac	509113	163216	au bord du champ en bordure du lac, dans une petite trouée parmi les arbres	-	0	1	75	30		0	0	0	20	28			65	80	45	120
1398_VR	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	28 06 2012	VR	25	1008	20	1	nombreux déchets	légère pente descendante en direction du lac	509113	163216	au bord du champ en bordure du lac, dans une petite trouée parmi les arbres	-	0	1	75	30		0	0	0	20	33			65	80	45	120
1496_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Bellefontaine	01 08 1977	JDG	25	1092					496607	158918		rive nord lac Bellefontaine			100	75						53						
1496_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Bellefontaine	23 06 2012	VR	25	1092	130	1	-	en très légère pente	496612	158922	zone avec épicéas, proche du lac de Bellefontaine et proche d'un petit sentier faisant le bord des lacs		0	0	95	30	5	0	0	0	5	28					30	70
1497_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Sous le Feuillat	04 08 1977	JDG	30	1102					496564	158249					100	15						68						
1497_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Sous le Feuillat	26 06 2013	VR	30	1102	288	2	fauché	en pente	496566	158250			0	0	100	1	1	0	0	0	0	42					50	60
1497_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Sous le Feuillat	26 06 2013	VR	25	1102	288	2	fauché	en pente	496566	158250			0	0	100	1	1	0	0	0	0	40					50	60
1498_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Sous le Feuillat	04 08 1977	JDG	20	1110					496660	158336					100	100						52						
1498_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Sous le Feuillat	26 06 2013	VR	20	1110	318	1	aucune, champs fauchés aux alentours	dans une cuvette	496660	158336	proche de la route des lacs, près de petits épicéas et saules	relevé humide, sol tourbeux, litière abondante, touradons de molinie	0	0	80	10	20	0	0	0	1	28					50	70
1498_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Sous le Feuillat	26 06 2013	VR	25	1110	318	1	aucune, champs fauchés aux alentours	dans une cuvette	496660	158335	proche de la route des lacs, près de petits épicéas et saules	relevé humide, sol tourbeux, litière abondante, touradons de molinie	0	0	80	10	20	0	0	0	1	28					50	70
1508_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	16 08 1977	JDG	30	1047					503153	157351					100							26						
1508_VR	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	04 07 2012	VR, SG, VF	30	1047	140	0	non	plat	503152	157349	côté sud de la tourbière de la Pisse-Vache, lisière de saules au sud	-	0	1	80	40	15	0	0	0	20	19			50	50	30	80
1508_VR	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	04 07 2012	VR, SG, VF	25	1047	140	0	non	plat	503152	157349	côté sud de la tourbière de la Pisse-Vache, lisière de saules au sud	-	0	1	80	40	15	0	0	0	20	19			50	50	30	80
1509_JDG	Le Chenit, CH	Carre	20 08 1977	JDG	16	1041					501324	156167		fond du pâturage, près de l'Orbe, bas de pente			1000							27						
1509_VR	Le Chenit, CH	Carre	23 07 2012	VR, SG, SG, VF	16	1041	100	0	clôturé, mais ruissellement venant du pâturage	plat, en bas de pente	501321	156163	dessous la ferme du Carre, en bas du pâturage	+ eutrophe; CHANGEMENT	0	0	100	1	95	0	0	0	0	19					110	180
1509_VR	Le Chenit, CH	Carre	23 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1041	100	0	clôturé, mais ruissellement venant du pâturage	plat, en bas de pente	501321	156163	dessous la ferme du Carre, en bas du pâturage	+ eutrophe; CHANGEMENT	0	0	100	1	95	0	0	0	0	28					110	180
1510_JDG	Le Chenit, CH	Combes des Mines	20 08 1977	JDG	50	1106					501494	156890		clairière au sud du Sphagno-Piceturn; parcourue par chevaux ou chamois			100							28						
1510_VR	Le Chenit, CH	Combe des Mines	07 08 2012	VR	50	1106	316	2	-	en légère pente depuis la forêt	501493	156890	combe des mines, dans une zone de clairière, après le relevé 1512, proche du 1511		0	0	100	5	15	0	0	0	0	29					80	150
1510_VR	Le Chenit, CH	Combe des Mines	07 08 2012	VR	25	1106	316	2	-	en légère pente depuis la forêt	501493	156890	combe des mines, dans une zone de clairière, après le relevé 1512, proche du 1511		0	0	100	5	15	0	0	0	0	20					80	150
1511_JDG	Le Chenit, CH	Combe des Mines	20 08 1977	JDG	20	1106					501493	156878					100							26						
1511_VR	Le Chenit, CH	Combe des Mines	07 08 2012	VR	20	1106	324	2	-	en légère pente depuis la forêt	501491	156876	combes des mines, proche du relevé 1510, proche de la forêt, en dessus de tronc de bois mort couché au sol		0	0	100	35	15	0	0	0	0	18					60	118
1511_VR	Le Chenit, CH	Combe des Mines	07 08 2012	VR	25	1106	324	2	-	en légère pente depuis la forêt	501491	156876	combes des mines, proche du relevé 1510, proche de la forêt, en dessus de tronc de bois mort couché au sol		0	0	100	35	15	0	0	0	0	20					60	118
1512_JDG	Le Chenit, CH	Combe des Mines	20 08 1977	JDG	20	1120					501525	156936					100							29						
1512_VR	Le Chenit, CH	Combe des Mines	07 08 2012	VR	20	1120	286	2	-	en légère pente depuis la forêt	501525	156941	combes des mines, proche du relevé 1513, proche de la tourbière	nombreux bout de bois mort au sol, relevé couvert de mousses	0	0	95	100	30	0	0	0	5	22					60	150
1512_VR	Le Chenit, CH	Combe des Mines	07 08 2012	VR	25	1120	286	2	-	en légère pente depuis la forêt	501525	156941	combes des mines, proche du relevé 1513, proche de la tourbière	nombreux bout de bois mort au sol, relevé couvert de mousses	0	0	95	100	30	0	0	0	5	22					60	150
1513_JDG	Le Chenit, CH	Combe des Mines	20 08 1977	JDG	30	1117					501529	156948					100							25						
1513_VR	Le Chenit, CH	Combe des Mines	07 08 2012	VR	30	1117	292	2	-	en légère pente depuis la forêt	501532	156943	combes des mines, proche du relevé 1512, en bordure de saules	champignons dans le relevé	0	0	98	30	3	0	0	0	2	26					60	185
1513_VR	Le Chenit, CH	Combe des Mines	07 08 2012	VR	25	1117	292	2	-	en légère pente depuis la forêt	501532	156943	combes des mines, proche du relevé 1512, en bordure de saules	champignons dans le relevé	0	0	98	30	3	0	0	0	2	24					60	185
1514_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	20 08 1977	JDG	10	1058					501785	157140		très beau suintement rocheux, bas du chemin menant à la combe aux mines (fontaine)			90	100						15						
1514_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	29 06 2012	VR	10	1058	110	2	barrière tout autour	en légère pente	501784	157140	au-dessus du chemin derrière la tourbière de la Burtignière, dans une courbe (virage), suintement et petite rivière venant de la pente	suintement d'eau ressortant ensuite dans la fontaine sur le chemin; gros trous dans le relevés, piétiné par vaches; CHANGEMENT	0	0	95	25	3	0	0	0	5	36					60	120
1514_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	29 06 2012	VR	25	1058	110	2	barrière tout autour	en légère pente	501784	157140	au-dessus du chemin derrière la tourbière de la Burtignière, dans une courbe (virage), suintement et petite rivière venant de la pente	suintement d'eau ressortant ensuite dans la fontaine sur le chemin; gros trous dans le relevés, piétiné par vaches; CHANGEMENT	0	0	95	25	3	0	0	0	5	40					60	120
1556_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	25 08 1977	JDG	20	1036					502836	157706					60	100						25						
1556_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	15 06 2012	VR, NB	20	1036	190	0	non	plat, avec de petites buttes	502834	157708	au bord du petit sentier longeant l'Orbe, à côté d'une ceinture de bouleaux	menaces : embroussaillement	0	0	75	90	80	0	0	0	0	14						50
1556_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	15 06 2012	VR, NB	25	1036	190	0	non	plat, avec de petites buttes	502834	157708	au bord du petit sentier longeant l'Orbe, à côté d'une ceinture de bouleaux	menaces : embroussaillement	0	0	75	90	80	0	0	0	0	15						50

INFORMATIONS SUR RELEVES											COORDONNEES		REMARQUES		RECOUVREMENTS (%)									Especes	HAUTEURS STRATES (A : arbres; B : buissons; H : herbes)					
CodeOriginal	Commune	Lieu-dit	Date	Auteur	Surface	Altitude	Exposition	Pente	Utilisation	Relief	X	Y	Repères	Remarques	ARBRES	BUISSONS	HERBES	MOUSSES	LITIERE	BLOCS	PIERRES	GRAVIER	SOL NU		HmoyA	HmaxA	HmoyB	HmaxB	HmoyH	HmaxH
1557_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	25 08 1977	JDG	20	1037					502726	157846		association de passage entre Caricion davallianae et Filipendulion			100							33						
1557_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	20 06 2012	VR, NB	20	1037	330	2	non	dans un léger creux, légère pente descendante	502726	157842	en face d'un grand bouleau et d'un plus petit pin, jeunes bouleaux aux alentours	très humide	0	3	45	15	70	0	0	0	0	32				89	40	65
1557_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	20 06 2012	VR, NB	25	1037	330	2	non	dans un léger creux, légère pente descendante	502726	157842	en face d'un grand bouleau et d'un plus petit pin, jeunes bouleaux aux alentours	très humide	0	3	45	15	70	0	0	0	0	32				89	40	65
1559_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	25 08 1977	JDG	20	1039					502818	157962		inondé			30							4						
1559_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	06 08 2012	VR	20	1039	135	10	pâturé par les vaches	en pente	502814	157961	bord du chemin au bord de la tourbière de Praz-Rodet, en pente, avec sentes de vaches en haut et en bas du relevé	eau présente dans le relevé, venant de la fontaine au dessus, sur le chemin; cailloux calcaire dans le relevé	0	0	90	10	2	5	0	0	10	38					90	182
1559_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	06 08 2012	VR	25	1039	135	10	pâturé par les vaches	en pente	502814	157961	bord du chemin au bord de la tourbière de Praz-Rodet, en pente, avec sentes de vaches en haut et en bas du relevé	eau présente dans le relevé, venant de la fontaine au dessus, sur le chemin; cailloux calcaire dans le relevé	0	0	90	10	2	5	0	0	10	38					90	182
1565_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	25 08 1977	JDG	10	1029					503061	158098					100	100						22						
1565_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	17 07 2012	VR, SG, SG, VF	10	1029	150	4	clôturé, et n'est donc pas pâturé	pâturage aux alentours, en pente; relevé dans une petite cuvette	503059	158102	en bordure du pâturage, en bordure de la tourbière de Praz-Rodet, dans une petite cuvette à C. rostrata	1 bloc calcaire en bordure du relevé (1%); CHANGEMENT	0	0	85	20	50	1	0	0	15	8					70	120
1565_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	17 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1029	150	4	clôturé, et n'est donc pas pâturé	pâturage aux alentours, en pente; relevé dans une petite cuvette	503059	158102	en bordure du pâturage, en bordure de la tourbière de Praz-Rodet, dans une petite cuvette à C. rostrata	1 bloc calcaire en bordure du relevé (1%); CHANGEMENT	0	0	85	20	50	1	0	0	15	8					70	120
1566_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	25 08 1977	JDG	30	1034					503186	158018					90	100						38						
1566_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	17 07 2012	VR, SG, SG, VF	30	1034	86	2	zone pâturée, mais moins piétinée par les vaches car très humide	légère pente venant du pâturage, vers l'est (Orbe)	503184	158013	pâturage derière la tourbière de Praz-Rodet, proche de la clôture séparant le pâturage de l'Orbe	nombreux trous de vaches dans le relevé et autour; eau apparente dans les trous de vaches	0	0	90	60	1	0	0	0	10	38					55	95
1566_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	17 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1034	86	2	zone pâturée, mais moins piétinée par les vaches car très humide	légère pente venant du pâturage, vers l'est (Orbe)	503184	158013	pâturage derière la tourbière de Praz-Rodet, proche de la clôture séparant le pâturage de l'Orbe	nombreux trous de vaches dans le relevé et autour; eau apparente dans les trous de vaches	0	0	90	60	1	0	0	0	10	38					55	95
1568_JDG	Le Chenit, CH	Chez le Poisson (pisciculture)	30 08 1977	JDG	10	1007					509197	162961					100							12						
1568_VR	Le Chenit, CH	Chez le Poisson (pisciculture)	26 06 2012	VR	10	1007	174	0	non	plat	509197	162962	au bord du sentier en bois et au bord du chemin innondé allant au champ, derrière un saule	présence d'eau dans le relevé (1%)	0	0	89	30	10	0	0	0	10	12					110	170
1568_VR	Le Chenit, CH	Chez le Poisson (pisciculture)	26 06 2012	VR	25	1007	174	0	non	plat	509197	162962	au bord du sentier en bois et au bord du chemin innondé allant au champ, derrière un saule	présence d'eau dans le relevé (1%)	0	0	89	30	10	0	0	0	10	15					110	170
1570_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	31 08 1977	JDG	15	1042					502759	157239					100	0						13						
1570_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	19 07 2012	VR, SG, SG, VF, ALM	15	1042	110	0	ruissellement venant du pâturage	plat	502761	157241	rive droite de l'Orbe, proche de la route principale, au niveau de la ferme de la Burtignière	CHANGEMENT	0	0	100	0	100	0	0	0	0	3					90	140
1570_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	19 07 2012	VR, SG, SG, VF, ALM	25	1042	110	0	ruissellement venant du pâturage	plat	502761	157241	rive droite de l'Orbe, proche de la route principale, au niveau de la ferme de la Burtignière	CHANGEMENT	0	0	100	0	100	0	0	0	0	3					90	140
1571_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	31 08 1977	JDG	30	1039					502889	157314					100	60						30						
1571_VR	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	19 07 2012	VR, SG, SG, VF, ALM	30	1039	320	3	piétiné et brouté par les vaches	légère pente au Nord-ouest	502888	157312	abord de la route, en face de la ferme de la Burtignière, à droite d'un petit chemin	trous de vaches; tronc (1%)	0	0	85	5	1	0	0	0	15	37						140
1571_VR	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	19 07 2012	VR, SG, SG, VF, ALM	25	1039	320	3	piétiné et brouté par les vaches	légère pente au Nord-ouest	502888	157312	abord de la route, en face de la ferme de la Burtignière, à droite d'un petit chemin	trous de vaches; tronc (1%)	0	0	85	5	1	0	0	0	15	36						140
1572_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	31 08 1977	JDG	40	1047					502948	157295					100	100						31						
1572_VR	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	04 07 2012	VR, SG, VF	40	1047	344	1	non	légère descente depuis la tourbière	502949	157294	proche de la ferme de la Burtignière, et proche du paturâge	taches de filipendule; présence de grenouilles	0	0	100	0	5	0	0	0	0	28					45	110
1572_VR	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	04 07 2012	VR, SG, VF	25	1047	344	1	non	légère descente depuis la tourbière	502949	157294	proche de la ferme de la Burtignière, et proche du paturâge	taches de filipendule; présence de grenouilles	0	0	100	0	5	0	0	0	0	27					45	110
1573_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	31 08 1977	JDG	30	1047					503003	157395		fortement pâturé, sur tourbe			100	100						25						
1573_VR	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	04 07 2012	VR, SG, VF	30	1047	300	6	non	en légère pente descendante vers la route	503002	157396	relevé proche d'un bouleau	CHANGEMENT	0	0	100	0		0	0	0	0	19					85	180
1573_VR	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	04 07 2012	VR, SG, VF	25	1047	300	6	non	en légère pente descendante vers la route	503002	157396	relevé proche d'un bouleau	CHANGEMENT	0	0	100	0		0	0	0	0	18					85	180
1574_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	31 08 1977	JDG	30	1048					503239	157587					100	30						42						
1574_VR	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	27 07 2012	VR, SG, SG, VF	30	1048	322	1	pâturé par vaches, trous importants, piétiné	en pente vers le sud-ouest (ruisseau)	503238	157588	proche du 1719, proche de la barrière		0	0	90	90	2	0	0	0	10	47					30	87
1574_VR	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	27 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1048	322	1	pâturé par vaches, trous importants, piétiné	en pente vers le sud-ouest (ruisseau)	503238	157588	proche du 1719, proche de la barrière		0	0	90	90	2	0	0	0	10	36					30	87
1601_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Au Loutret	05 09 1977	JDG	30	1099					496344	159045					100							39						
1601_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Au Loutret	25 07 2012	VR, SG, SG, VF	30	1099	118	2	sentier aux abords	légère pente vers le nord-est	496346	159046	au bord d'un petit sentier, entre 2 lisière	1 caillou calcaire dans le relevé	0	1	98	25	40	2	0	0	0	43				66	55	101
1601_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Au Loutret	25 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1099	118	2	sentier aux abords	légère pente vers le nord-est	496346	159046	au bord d'un petit sentier, entre 2 lisière	1 caillou calcaire dans le relevé	0	1	98	25	40	2	0	0	0	39				66	55	101
1608_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Au Loutret	05 09 1977	JDG	10	1099					496258	158924					60	100						13						
1608_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Au Loutret	16 08 2012	VR	10	1099	60	0	non	plat	496257	158922	proche du 1609	eau présente dans le relevé sous forme de gouilles	0	0	70	80	100	0	0	0	0	14					30	95

INFORMATIONS SUR RELEVES											COORDONNEES		REMARQUES		RECOUVREMENTS (%)								Especes	HAUTEURS STRATES (A : arbres; B : buissons; H : herbes)					
CodeOriginal	Commune	Lieu-dit	Date	Auteur	Surface	Altitude	Exposition	Pente	Utilisation	Relief	X	Y	Repères	Remarques	ARBRES	BUISSONS	HERBES	MOUSSES	LITIERE	BLOCS	PIERRES	GRAVIER	SOL NU		HmoyA	HmaxA	HmoyB	HmaxB	HmoyH	HmaxH
1608_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Au Loutret	16 08 2012	VR	25	1099	60	0	non	plat	496257	158922	proche du 1609	sau présente dans le relevé sous forme de gouilles	0	0	70	80	100	0	0	0	0	14					30	95
1609_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Au Loutret	05 09 1977	JDG	25	1102					496276	158894					90	40						11						
1609_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Au Loutret	25 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1102	106	0	-	plat	496273	158893	fourbière du Loutret, au nord du lac de Bellefontaine, entre des pins		0	0	45	95	5	0	0	0	55	19					30	80
1610_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Au Loutret	05 09 1977	JDG	30	1099					496268	158948					100	40						11						
1610_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Au Loutret	16 08 2012	VR	30	1099	210	0	-	plat	496266	158947	dans la tourbière dans la zone "Au Loutret", arbre mort à droite du relevé, gouilles d'eau, au bord d'un petit sentier passant ensuite par un petit couloir sans arbre	présence d'eau dans le relevé sous forme de gouilles de 10 cm de profondeur	0	0	55	70	60	0	0	0	0	7					30	50
1610_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Au Loutret	16 08 2012	VR	25	1099	210	0	-	plat	496266	158947	dans la tourbière dans la zone "Au Loutret", arbre mort à droite du relevé, gouilles d'eau, au bord d'un petit sentier passant ensuite par un petit couloir sans arbre	présence d'eau dans le relevé sous forme de gouilles de 10 cm de profondeur	0	0	55	70	60	0	0	0	0	7					30	50
1642_JDG	Le Chenit, CH	Carre	15 09 1977	JDG	25	1041					501409	156308					100	30						47						
1642_VR	Le Chenit, CH	Carre	23 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1041	188	0	ruissellement venant du pâturage et du chemin	plat	501415	156306	au bord du chemin allant au Carre (à gauche), rive gauche de l'Orbe, près d'un bosquet de saules	CHANGEMENT : plus eutrophe	0	0	100	0	100	0	0	0	0	34					90	150
1644_JDG	Le Chenit, CH	Carre	15 09 1977	JDG	25	1036					501406	156473					100							28						
1644_VR	Le Chenit, CH	Carre	18 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1036	320	0	clôturé donc plus d'influence du bétail ni des hommes	plat	501404	156475	abord de la tourbière du Carre, au bord du chemin, zone clôturée	dans une zone où la reine des prés est moins présente, nombreux touradons	0	0	85	3	100	0	0	0	15	16					70	148
1645_JDG	Le Chenit, CH	Carre	15 09 1977	JDG	20	1045					501055	156428		au nord de la tourbière, bas marais sur sphaignes			100	100						31						
1645_VR	Le Chenit, CH	Carre	16 06 2012	VR	20	1045	330	10	non	en pente, dolines toutes proches	501056	156426	dolines, proche de la tourbière du Carre	présence d'eau (<1), avec un ruisseau et des trous; CHANGEMENT	0	0	99	1	20	0	0	0	1	22					65	70
1645_VR	Le Chenit, CH	Carre	16 06 2012	VR	25	1045	330	10	non	en pente, dolines toutes proches	501056	156426	dolines, proche de la tourbière du Carre	présence d'eau (<1), avec un ruisseau et des trous; CHANGEMENT	0	0	99	1	20	0	0	0	1	22					65	70
1646_JDG	Le Chenit, CH	Carre	15 09 1977	JDG	10	1049					501115	156457					100	100						29						
1646_VR	Le Chenit, CH	Carre	16 06 2012	VR	10	1049	220	5	non	en légère pente	501115	156456	en bas de pente, au dessus d'un arbre et d'un Carician, et en-dessous d'un ancien Cynosurion	menaces: tend au filipendulion; CHANGEMENT	0	0	98	1	1	0	0	0	1	28					70	120
1646_VR	Le Chenit, CH	Carre	16 06 2012	VR	25	1049	220	5	non	en légère pente	501115	156456	en bas de pente, au dessus d'un arbre et d'un Carician, et en-dessous d'un ancien Cynosurion	menaces: tend au filipendulion; CHANGEMENT	0	0	98	1	1	0	0	0	1	33					70	120
1647_JDG	Le Chenit, CH	Carre	15 09 1977	JDG	10	1052					501163	156457		près de petit salix pentandra			100	80						29						
1647_VR	Le Chenit, CH	Carre	16 06 2012	VR	10	1052	160	2	non	plat	501166	156446	derrière des saules, au niveau de la tourbière du Carre	milieu très humide; sol nu couvert d'eau (2%)	0	0	95	5	5	0	0	0	2	38					35	62
1647_VR	Le Chenit, CH	Carre	16 06 2012	VR	25	1052	160	2	non	plat	501166	156446	derrière des saules, au niveau de la tourbière du Carre	milieu très humide; sol nu couvert d'eau (2%)	0	0	95	5	5	0	0	0	2	44					40	70
1659_JDG	Le Chenit, CH	Chez le Poisson	19 09 1977	JDG	20	1007					508905	162762		station à iris, bas du champ sur une petite baraque			100	5						13						
1659_VR	Le Chenit, CH	Chez le Poisson	26 06 2012	VR	20	1007	140	0	non	plat	508904	162760	au bord du sentier, au bord des saules, en face d'un épicéa et à 500m de la pseudo-rosellère	CHANGEMENT, plus sec?	0	0	100	0		0	0	0	0	14					60	130
1659_VR	Le Chenit, CH	Chez le Poisson	26 06 2012	VR	25	1007	140	0	non	plat	508904	162760	au bord du sentier, au bord des saules, en face d'un épicéa et à 500m de la pseudo-rosellère	CHANGEMENT, plus sec?	0	0	100	0		0	0	0	0	14					60	130
1660_JDG	Le Chenit, CH	Chez le Poisson	19 09 1977	JDG	40	1005					508925	162782			60	20	90							22						
1660_VR	Le Chenit, CH	Chez le Poisson	26 06 2012	VR	40	1005	140	0	non	plat	508928	162779	au bord du sentier et au bord des saules, 100m après la pseudo-rosellère	CHANGEMENT, plus sec?	0	0	90	0	15	0	0	0	15	15					60	125
1660_VR	Le Chenit, CH	Chez le Poisson	26 06 2012	VR	25	1005	140	0	non	plat	508928	162779	au bord du sentier et au bord des saules, 100m après la pseudo-rosellère	CHANGEMENT, plus sec?	0	0	90	0	15	0	0	0	15	15					60	125
1665_JDG	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	20 09 1977	JDG	25	1005					508872	163131		au sud du pré dans Vieux Cheseau			100							40						
1665_VR	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	28 06 2012	VR	25	1005	148	4	bord de champ fauché	en pente descendante	508873	163131	au bord du champ près du lac, grand épicéa à gauche du relevé, nombreux petits épicéas à côté (droite et gauche), présence d'Iris		0	10	85	1	20	0	0	0	5	31			120		40	93
1668_JDG	L'Abbaye, CH	Bas des Bioux	21 09 1977	JDG	25	1005					509482	163461		sous le village des Bioux, non loin des nouvelles villas, secteur extrême N-E de la carte			91	100						38						
1668_VR	L'Abbaye, CH	Bas des Bioux	27 06 2012	VR	25	1005	20	0	traces de sentier allant au lac, présence de bateau	plus ou moins plat	509479	163460	proche du lac, avant le petit pont, à gauche du sentier		0	0	95	25	25	0	0	0	5	39					30	95
1669_JDG	L'Abbaye, CH	Bas des Bioux	21 09 1977	JDG	25	1007					509481	163453		en bordure, en alternance avec Molinie et Deschampsia			100	45						19						
1669_VR	L'Abbaye, CH	Bas des Bioux	27 06 2012	VR	25	1007	10		sentier pour aller au lac, bateau entreposé dans la zone	en légère pente	509480	163451	au bord du lac, à côté du relevé 1668, mais un peu plus au sud, entre les bouleaux et épicéas	nombreuses petites buttes et creux	0	0	90	25	15	0	0	0	10	33					25	80
1670_JDG	L'Abbaye, CH	Bas des Bioux	21 09 1977	JDG	20	1008					509495	163444					100							22						
1670_VR	L'Abbaye, CH	Bas des Bioux	26 06 2013	VR	20	1008	290	0	fauché 1 fois tardivement, puis brouté	plat	509496	163441	à la fin du petit sentier en bois (sentier fait un angle droit)	parcelle appartenant à Rochat Guy aux Bioux; présence de barrière pour les vaches	0	0	99	0	1	0	0	0	1	30					60	100
1670_VR	L'Abbaye, CH	Bas des Bioux	26 06 2013	VR	25	1008	290	0	fauché 1 fois tardivement, puis brouté	plat	509496	163441	à la fin du petit sentier en bois (sentier fait un angle droit)	parcelle appartenant à Rochat Guy aux Bioux; présence de barrière pour les vaches	0	0	99	0	1	0	0	0	1	31					60	100
1674_JDG	Le Chenit, CH	Carre	21 09 1977	JDG	20	1045					501043	156358		NW du Carre, sous la roche Brizanche			100							21						

INFORMATIONS SUR RELEVES											COORDONNEES		REMARQUES		RECOUVREMENTS (%)								Especes	HAUTEURS STRATES (A : arbres; B : buissons; H : herbes)					
CodeOriginal	Commune	Lieu-dit	Date	Auteur	Surface	Altitude	Exposition	Pente	Utilisation	Relief	X	Y	Repères	Remarques	ARBRES	BUISSONS	HERBES	MOUSSES	LITIERE	BLOCS	PIERRES	GRAVIER	SOL NU		HmoyA	HmaxA	HmoyB	HmaxB	HmoyH	HmaxH
1674_VR	Le Chenit, CH	Carre	16 06 2012	VR	20	1045	290	2	bouses de vaches	en très légère pente	501040	156358	proche de la tourbière du Carre, au niveau des petits bouleaux et des petits pins	très humide, mais sans eau apparente, sphaignes très présentes; menaces: Trollius?	0	0	60	80	40	0	0	0	3	27					40	75
1674_VR	Le Chenit, CH	Carre	16 06 2012	VR	25	1045	290	2	bouses de vaches	en très légère pente	501040	156358	proche de la tourbière du Carre, au niveau des petits bouleaux et des petits pins	très humide, mais sans eau apparente, sphaignes très présentes; menaces: Trollius?	0	0	60	80	40	0	0	0	3	27					40	75
1677_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	21 09 1977	JDG	20	1043					501746	156854					100							22						
1677_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	29 06 2012	VR	20	1043	110	0	non	plat avec nombreuses buttes (touradons)	501746	156852	au bord de la tourbière du côté gauche de la tourbière de la Burtignière, près du mur en pierre, églantier sur la gauche du relevé		0	0	65	80	35	0	0	0	1	13					30	50
1677_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	29 06 2012	VR	25	1043	110	0	non	plat avec nombreuses buttes (touradons)	501746	156852	au bord de la tourbière du côté gauche de la tourbière de la Burtignière, près du mur en pierre, églantier sur la gauche du relevé		0	0	65	80	35	0	0	0	1	13					30	50
1680_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	21 09 1977	JDG	12	1038					502416	157146		saigne de la Burtignière, en face du parc à génisse (taureau); tourbière à 150 de bord			80	100						15						
1680_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	03 07 2012	VR, SG, VF	12	1038	50	5	non	en pente descendante en direction du ruisseau	502419	157147	au bord de la tourbière de la Burtignière (N-E), au bord du petit ruisseau		0	0	60	100	10	0	0	0	40	33					40	82
1680_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	03 07 2012	VR, SG, VF	25	1038	50	5	non	en pente descendante en direction du ruisseau	502419	157147	au bord de la tourbière de la Burtignière (N-E), au bord du petit ruisseau		0	1	60	100	10	0	0	0	40	38				70	40	82
1715_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	27 09 1977	JDG	20	1050					502293	156843		lisière sud avant Butulaie, en bordure Sphagnetum			100	55						27						
1715_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	03 07 2012	VR, SG, VF	20	1050	140	0	non	plat	502294	156844	lisière au sud de la tourbière de la Burtignière, avec 1 bouleau penché à droite, de nombreux épicéas, des saules sur la gauche, le milieu et un peu ouvert	relevé très humide	0	10	85	80	20	0	0	0	15	35				65	45	150
1715_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	03 07 2012	VR, SG, VF	25	1050	140	0	non	plat	502294	156844	lisière au sud de la tourbière de la Burtignière, avec 1 bouleau penché à droite, de nombreux épicéas, des saules sur la gauche, le milieu et un peu ouvert	relevé très humide	0	10	85	80	20	0	0	0	15	35				65	45	150
1716_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	28 09 1977	JDG	30	1038					502086	156957		bas de la tourbière de la Burtignière			100	50						34						
1716_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	03 07 2012	VR, SG, VF	30	1038	100	0	non	plat	502083	156954	au nord de la tourbière de la Burtignière, au bord de l'Orbe, dans la zone ouverte	présence de crotles	0	0	70	1	30	0	0	0	30	30					50	110
1716_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	03 07 2012	VR, SG, VF	25	1038	100	0	non	plat	502083	156955	au nord de la tourbière de la Burtignière, au bord de l'Orbe, dans la zone ouverte	présence de crotles	0	0	70	1	30	0	0	0	30	30					50	110
1719_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	28 09 1977	JDG	25	1044					503132	157565		au sud de la route, pré au-dessous du ruisseau sulfureux			100	80						34						
1719_VR	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	27 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1044	330	2	pâturé par les vaches	en légère pente vers le ruisseau (ouest)	503132	157568	sud de la route principale, près du ruisseau (à l'est)	nombreux trous de vaches	0	0	70	80	2	0	0	0	30	42					40	100
1723_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	19 10 1977	JDG	30	1042					502044	156526		lisière sud, près du bois du Carre, très piétiné			90	1						39						
1723_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	16 07 2012	VR, SG, SG, VF	30	1042	300	0	barrière clôturant le pâturage, n'est actuellement plus pâturé car clôturé	en légère pente depuis le pâturage	502043	156523	à droite il y a le Bois du Carre, en haut la route, et à l'arrière il y a un bosquet de saules	abeilles; CHANGEMENT	0	0	100	3	10	0	0	0	0	16					130	185
1723_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	16 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1042	300	0	barrière clôturant le pâturage, n'est actuellement plus pâturé car clôturé	en légère pente depuis le pâturage	502043	156523	à droite il y a le Bois du Carre, en haut la route, et à l'arrière il y a un bosquet de saules	abeilles; CHANGEMENT	0	0	100	3	10	0	0	0	0	16					130	185
1724_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	19 10 1977	JDG	20	1043					502037	156561		usous les arbres, passage fréquent du bétail voir de stationnement; inondé, trous remplis d'eau; sol très mou, tourbeux			80	0						12						
1724_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	16 07 2012	VR, SG, SG, VF	20	1043	314	0	présence de planches, pâturé et piétiné par vaches	légère pente	502039	156557	proche du relevé 1723, derrière le bosquet de saules, dans le pâturage proche de la clôture faisant un coude	grenouilles	0	0	55	65	0	0	0	0	45	46					50	105
1724_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	16 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1043	314	0	présence de planches, pâturé et piétiné par vaches	légère pente	502039	156557	proche du relevé 1723, derrière le bosquet de saules, dans le pâturage proche de la clôture faisant un coude	grenouilles	0	0	55	65	0	0	0	0	45	46					50	105
1727_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	20 10 1977	JDG	20	1040					501922	156982		près de petit pont			100	80						41						
1727_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	20 07 2012	VR, SG, VF	20	1040	332	0	ruisselement venant du pâturage	plat	501923	156994	bord du pâturage de Praz-Rodet, bord de la tourbière sur la rive gauche de l'Orbe, saule et Cynosurion à proximité	CHANGEMENT	0	0	100	25	35	0	0	0	0	15					75	140
1727_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	20 07 2012	VR, SG, VF	25	1040	332	0	ruisselement venant du pâturage	plat	501923	156994	bord du pâturage de Praz-Rodet, bord de la tourbière sur la rive gauche de l'Orbe, saule et Cynosurion à proximité	CHANGEMENT	0	0	100	25	35	0	0	0	0	14					75	140
18.06.1988_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	18 06 1988	JDG	20	1038					502183	156706		lisière sud Burtignière, bas-marais en pente, structure en buttes légèrement marquées			90	50						29						
18.06.1988_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	20 06 2012	VR, NB	20	1038	300	8	non	en pente, dans un petit fossé	502182	156707	lisière sud de la Burtignière, en pente		0	0	85	40	5	0	0	0	0	22					25	60
18.06.1988_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	20 06 2012	VR, NB	25	1038	300	8	non	en pente, dans un petit fossé	502182	156707	lisière sud de la Burtignière, en pente		0	0	85	40	5	0	0	0	0	22					25	60
482_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	23 07 1974	JDG	15	1039					502456	157548	après le canal	sol tourbeux			80							28						

INFORMATIONS SUR RELEVES										COORDONNEES		REMARQUES		RECOUVREMENTS (%)								Especes	HAUTEURS STRATES (A : arbres; B : buissons; H : herbes)					
CodeOriginal	Commune	Lieu-dit	Date	Auteur	Surface	Altitude	Exposition	Pente	Utilisation	Relief	X	Y	Repères	Remarques	ARBRES	BUISSONS	HERBES	MOUSSES	LITIERE	BLOCS	PIERRES	GRAVIER	SOL NU		HmoyA	HmaxA	HmoyB	HmaxB	HmoyH	HmaxH
482_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	08 08 2012	VR	15	1039	130	0	champ habituellement fauché, mais pas en 2012 car pas assez intéressant pour le paysan	plat	502457	157547	au sud de la ferme de Praz-Rodet, dans le champ après le 2ème canal	très spongieux, mais pas d'eau	0	0	85	100	15	0	0	0	0	21					20	90
482_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	08 08 2012	VR	25	1039	130	0	champ habituellement fauché, mais pas en 2012 car pas assez intéressant pour le paysan	plat	502457	157547	au sud de la ferme de Praz-Rodet, dans le champ après le 2ème canal	très spongieux, mais pas d'eau	0	0	85	100	15	0	0	0	0	21					20	90
485_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	23 07 1974	JDG	50	1039					502192	157277		ancien nement cultivé, sillons, présence de céréales, beaucoup de graminées			100							33						
485_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	20 07 2012	VR, SG, VF	50	1039	130	3	pâturé par les vaches	légèrement en pente (direction sud-ouest)	502190	157278	au bord du muret, dans le pâturage, au bord de la barrière	eutrophisation?	0	0	98	9	3	0	0	0	2	41					90	117
485_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	20 07 2012	VR, SG, VF	25	1039	130	3	pâturé par les vaches	légèrement en pente (direction sud-ouest)	502190	157278	au bord du muret, dans le pâturage, au bord de la barrière	eutrophisation?	0	0	98	9	3	0	0	0	2	34					90	117
487_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	25 07 1974	JDG	100	1032					502337	157477	au dessus 486	prédominance de pâturage			100							21						
487_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	08 08 2012	VR	100	1032	126	1	pâturé	en légère pente depuis le pâturage	502340	157477	entre le mur et la barrière	présence d'eau dans des trous de vaches dans le relevé	0	0	100	0	50	0	0	0	0	16					80	120
487_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	08 08 2012	VR	25	1032	126	1	pâturé	en légère pente depuis le pâturage	502340	157477	entre le mur et la barrière	présence d'eau dans des trous de vaches dans le relevé	0	0	100	0	50	0	0	0	0	12					80	120
488_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	25 07 1974	JDG	30	1037					502300	157432	le long du mur de pierre entre 4 et 5 (canaux)	milieu se retrouve tout le long du mur ou à peu près			100							27						
488_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	20 07 2012	VR, SG, VF	30	1037	138	3	pâturé par les vaches	nombreux trous de vaches	502299	157431	presque en face de la ferme Praz-Rodet, le long du mur et de la barrière (pâturage)	trous avec zones broûtée et non-broûtée, nombreuses bouses de vaches	0	0	80	1	3	0	0	0	20	40					20	110
488_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	20 07 2012	VR, SG, VF	25	1037	138	3	pâturé par les vaches	nombreux trous de vaches	502299	157431	presque en face de la ferme Praz-Rodet, le long du mur et de la barrière (pâturage)	trous avec zones broûtée et non-broûtée, nombreuses bouses de vaches	0	0	80	1	3	0	0	0	20	37					20	110
489_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	26 07 1974	JDG	30	1039					502404	157515					100							26						
489_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	08 08 2012	VR	30	1039	134	0	non fauché en 2012	plat	502408	157516	près de la ferme de Praz-Rodet (au sud), après le 3ème canal		0	0	98	100	25	0	0	0	0	22					25	105
489_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	08 08 2012	VR	25	1039	134	0	non fauché en 2012	plat	502408	157516	près de la ferme de Praz-Rodet (au sud), après le 3ème canal		0	0	98	100	25	0	0	0	0	22					25	105
492_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	26 07 1974	JDG	25	1035					502266	157316		sur tapis de mousses			100							29						
492_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	07 08 2012	VR	25	1035	210	4	était fauché avant, mais pas fauché en 2012 car pas assez intéressant pour le paysane	plat	502264	157311	Caricion davallianae entre le muret et 2 filipendulion (à gauche et à droite)	-	0	0	100	25	35	0	0	0	0	36					35	93
493_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	29 07 1974	JDG	40	1039					502805	157505					100							35						
493_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	05 07 2012	VR, SG, SG, VF	40	1039	238	1	non	légère pente, relief bombé	502806	157505	en dessous de la Burtignière, au bord de la route et de l'Orbe (rive droite), près des relevés 494 et 501	fourmillière	0	0	100	1	30	0	0	0	0	27					50	
493_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	05 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1039	238	1	non	légère pente, relief bombé	502806	157505	en dessous de la Burtignière, au bord de la route et de l'Orbe (rive droite), près des relevés 494 et 501	fourmillière	0	0	100	1	30	0	0	0	0	28					50	
494_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	29 07 1974	JDG	30	1033					502777	157566		plus bas que le 493, moins d'Heilctotrichon			100	100						28						
494_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	05 07 2012	VR, SG, SG, VF	30	1033	330	4	non	en pente descendante (nord-ouest)	502777	157568	du côté droite de l'Orbe, au niveau de Praz-Rodet, bord de la tourbière		0	0	100	30	2	0	0	0	0	17					50	123
494_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	05 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1033	330	4	non	en pente descendante (nord-ouest)	502777	157568	du côté droite de l'Orbe, au niveau de Praz-Rodet, bord de la tourbière		0	0	100	30	2	0	0	0	0	17					50	123
495_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	29 07 1974	JDG	20	1032					502790	157638		située entre la tourbière et la zone à Hierochloë; du côté de l'Orbe, Filipendula semble avoir plein de vitalité			100							30						
495_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	05 07 2012	VR, SG, SG, VF	20	1032	64	0	non	plat	502788	157640	au bord de la tourbière, rive droite de l'Orbe, dans un virage de l'Orbe	CHANGEMENT	0	3	90	90	2	0	0	0	10	33				87	40	80
495_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	05 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1032	64	0	non	plat	502788	157640	au bord de la tourbière, rive droite de l'Orbe, dans un virage de l'Orbe	CHANGEMENT	0	3	90	90	2	0	0	0	10	38				87	40	80
497_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	29 07 1974	JDG	30	1035					502763	157643					100							17						
497_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	27 07 2012	VR, SG, SG, VF	30	1035	212	0	-	plat	502762	157641	en bordure de l'Orbe, rive droite, en face de la première tourbière de Praz-Rodet	araignées	0	0	100	0	100	0	0	0	0	17					100	194
497_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	27 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1035	212	0	-	plat	502762	157641	en bordure de l'Orbe, rive droite, en face de la première tourbière de Praz-Rodet	araignées	0	0	100	0	100	0	0	0	0	17					100	194
498_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	29 07 1974	JDG	30	1034					502745	157631					100							19						
498_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	31 07 2012	VR	30	1034	32	0	-	plat	502744	157631	rive droite de l'Orbe au niveau de la 1ère tourbière de Praz-Rodet, proche du relevé 497		0	0	100	0	100	0	0	0	0	10					80	167
498_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	31 07 2012	VR	25	1034	32	0	-	plat	502744	157631	rive droite de l'Orbe au niveau de la 1ère tourbière de Praz-Rodet, proche du relevé 497		0	0	100	0	100	0	0	0	0	8					80	167
501_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	30 07 1974	JDG	10	1037					502782	157543		pré de tourbière dans Praz-Rodet; quelques zones à calluna, molinia et sphaignes (autre origine que le reste); mini tourbière dégradée			100	75						15						
501_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	05 07 2012	VR, SG, SG, VF	10	1037	288	4	non	en pente descendante vers l'ouest	502782	157543	proche du 502, sur la rive droite de l'Orbe	-	0	0	100	10	5	0	0	0	0	20					60	143

INFORMATIONS SUR RELEVES											COORDONNEES		REMARQUES		RECOUVREMENTS (%)								Especes	HAUTEURS STRATES (A : arbres; B : buissons; H : herbes)					
CodeOriginal	Commune	Lieu-dit	Date	Auteur	Surface	Altitude	Exposition	Pente	Utilisation	Relief	X	Y	Repères	Remarques	ARBRES	BUISSONS	HERBES	MOUSSES	LITIERE	BLOCS	PIERRES	GRAVIER	SOL NU		HmoyA	HmaxA	HmoyB	HmaxB	HmoyH	HmaxH
501_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	05 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1037	288	4	non	en pente descendante vers l'ouest	502782	157543	proche du 502, sur la rive droite de l'Orbe	-	0	0	100	10	5	0	0	0	0	20					60	143
502_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	30 07 1974	JDG	10	1033					502780	157546		sol irrégulier, forme de buttes peu marquées			100	100						9						
502_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	05 07 2012	VR, SG, SG, VF	10	1033	88	1	non	en légère pente	502781	157546	rive droite de l'Orbe, proche du relevé 494		0	0	100	1	1	0	0	0	0	19					50	155
502_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	05 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1033	88	1	non	en légère pente	502781	157546	rive droite de l'Orbe, proche du relevé 494		0	0	100	1	1	0	0	0	0	19					50	155
506_JDG	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	30 07 1974	JDG	50	1004					509063	163060		40-50m à l'ouest du poteau avec panneau; zone sans phragmites, circulaire; beaucoup de plantes sèches			30							15						
506_VR	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	28 06 2012	VR	50	1004	170	0	non	plat	509063	163058	milieu bas-marais, proche du relevé 1351 et du chemin inondé allant au champ	eau présente dans le relevé, tout le sol nu est couvert d'eau (10%)	0	0	50	90	70	0	0	0	10	12					80	110
506_VR	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	28 06 2012	VR	25	1004	170	0	non	plat	509063	163058	milieu bas-marais, proche du relevé 1351 et du chemin inondé allant au champ	eau présente dans le relevé, tout le sol nu est couvert d'eau (10%)	0	0	50	90	70	0	0	0	10	12					80	110
507_JDG	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	30 07 1974	JDG	100	1000					508957	163016		50m + à l'ouest de 506; pas très homogène			50							17						
507_VR	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	09 08 2012	VR	100	1000	30	0	-	plat	508956	163015	en face d'un grand épicéa dans le champ, proche du 508		0	0	75	20	100	0	0	0	25	12					25	130
507_VR	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	09 08 2012	VR	25	1000	30	0	-	plat	508956	163016	en face d'un grand épicéa dans le champ, proche du 508		0	0	75	20	100	0	0	0	25	12					25	130
508_JDG	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	30 07 1974	JDG	30	998					509018	163027					75	30						13						
508_VR	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	09 08 2012	VR	30	998	136	0	-	plat	509016	163026	en bordure de Molinion, à côté d'un zone riche en roseaux, en face d'un bosquet d'arbres derrière le champ	plus humide que le relevé 507	0	0	75	0	100	0	0	0	25	13					30	87
508_VR	Le Chenit, CH	Le Sentier, Au Vieux Cheseau	09 08 2012	VR	25	998	136	0	-	plat	509016	163026	en bordure de Molinion, à côté d'un zone riche en roseaux, en face d'un bosquet d'arbres derrière le champ	plus humide que le relevé 507	0	0	75	0	100	0	0	0	25	11					30	87
510_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	31 07 1974	JDG	20	1031					502955	157740		dans le secteur jalonné, près de la cabane de pêche; sur sphaignes			100							18						
510_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	05 07 2012	VR, SG, SG, VF	20	1031	50	2	non	en légère pente, bordure de tourbière	502958	157743	bordure de tourbière, rive droite de l'Orbe, bosquet de saules en contrebas, proche du relevé 511	-	0	1	75	80	30	0	0	0	25	13					65	40	65
510_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	05 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1031	50	2	non	en légère pente, bordure de tourbière	502958	157743	bordure de tourbière, rive droite de l'Orbe, bosquet de saules en contrebas, proche du relevé 511	-	0	1	75	80	30	0	0	0	25	13					65	40	65
511_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	31 07 1974	JDG	15	1037					502950	157734		en bordure de la tourbière			100							9						
511_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	05 07 2012	VR, SG, SG, VF	15	1037	48	2	non	en pente descendante depuis la tourbière	502949	157737	bord de la tourbière du côté droite de l'Orbe, en face de Praz-Rodet, à quelques pas d'un pin et du relevé 510		0	3	60	95	30	0	0	0	40	11					80	40	67
511_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	05 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1037	48	2	non	en pente descendante depuis la tourbière	502949	157737	bord de la tourbière du côté droite de l'Orbe, en face de Praz-Rodet, à quelques pas d'un pin et du relevé 510		0	3	60	95	30	0	0	0	40	11					80	40	67
512_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	31 07 1974	JDG	10	1044					503046	157306		au-dessus de la ferme de la Burtignière, prairie très humide entourée d'arbres, près d'une tourbière probablement dégradée; très humide, en bordure des arbres au Sud			100							13						
512_VR	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	04 07 2012	VR, SG, VF	10	1044	150	0	non	+ ou - plat	503048	157307	à droite du relevé 514, le long des saules	relevé très humide, avec suintement d'eau dans le relevé (5%), l'eau couvre 5% du sol nu	0	10	90	80	15	0	0	0	10	32					65	40	90
512_VR	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	04 07 2012	VR, SG, VF	25	1044	150	0	non	+ ou - plat	503048	157307	à droite du relevé 514, le long des saules	relevé très humide, avec suintement d'eau dans le relevé (5%), l'eau couvre 5% du sol nu	0	10	90	80	15	0	0	0	10	37					65	40	90
514_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	31 07 1974	JDG	30	1052					503040	157306		sol piétiné			100							21						
514_VR	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	04 07 2012	VR, SG, VF	30	1052	152	2	non	en pente (direction sud-est)	503039	157307	proche de la tourbière, à gauche du relevé 512, en bordure de la lisière de saules	présence d'eau dans le relevé et tout autour, très humide	0	0	95	60	15	0	0	0	5	34					50	122
514_VR	Le Chenit, CH	Burtignière, Pisse-Vache	04 07 2012	VR, SG, VF	25	1052	152	2	non	en pente (direction sud-est)	503039	157307	proche de la tourbière, à gauche du relevé 512, en bordure de la lisière de saules	présence d'eau dans le relevé et tout autour, très humide	0	0	95	60	15	0	0	0	5	34					50	122
520_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	14 08 1974	JDG	10	1032					503145	157910		extrémité est, après la barrière, rive droite de l'Orbe; un peu broûté			100							26						
520_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	31 07 2012	VR	10	1032	328	1	-	en légère pente en direction de l'Orbe	503146	157911	rive droite de l'Orbe au niveau de la fin de la tourbière de Praz-Rodet, extrémité est de la zone de la Burtignière (en face du pâturage), derrières les saules et après le muret	passer le muret et la barrière	0	0	100	0	90	0	0	0	0	18					90	175
520_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	31 07 2012	VR	25	1032	328	1	-	en légère pente en direction de l'Orbe	503146	157911	rive droite de l'Orbe au niveau de la fin de la tourbière de Praz-Rodet, extrémité est de la zone de la Burtignière (en face du pâturage), derrières les saules et après le muret	passer le muret et la barrière	0	0	100	0	90	0	0	0	0	19					90	175
525_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	14 08 1974	JDG	30	1036					502961	157773		zone jalonnée, près de baraque de pêcheurs			100							21						
525_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	31 07 2012	VR	30	1036	168	0	non	plat	502964	157770	rive droite de l'Orbe, en face du bosquet de saules sur la rive gauche, en face de la tourbière de Praz-Rodet		0	0	100	0	100	0	0	0	0	9					100	200
525_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	31 07 2012	VR	25	1036	168	0	non	plat	502964	157770	rive droite de l'Orbe, en face du bosquet de saules sur la rive gauche, en face de la tourbière de Praz-Rodet		0	0	100	0	100	0	0	0	0	8					100	200
526_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	15 08 1974	JDG	15	1031					502904	157747		zone jalonnée, 2 saules			100							23						

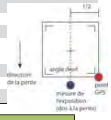
INFORMATIONS SUR RELEVES											COORDONNEES		REMARQUES		RECOUVREMENTS (%)								Especes	HAUTEURS STRATES (A : arbres; B : buissons; H : herbes)					
CodeOriginal	Commune	Lieu-dit	Date	Auteur	Surface	Altitude	Exposition	Pente	Utilisation	Relief	X	Y	Repères	Remarques	ARBRES	BUISSONS	HERBES	MOUSSES	LITIERE	BLOCS	PIERRES	GRAVIER	SOL NU		HmoyA	HmaxA	HmoyB	HmaxB	HmoyH	HmaxH
526_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	31 07 2012	VR	15	1031	156	0	-	plat	502904	157750	rive droite de l'Orbe, en face de la tourbière de Praz-Rodet, proche du relevé 529, proche de saules	hierochloé odorata aux abords entre Filipendulion et Caricion fuscae	0	0	100	0	100	0	0	0	0	6					100	142
526_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	31 07 2012	VR	25	1031	156	0	-	plat	502904	157750	rive droite de l'Orbe, en face de la tourbière de Praz-Rodet, proche du relevé 529, proche de saules	hierochloé odorata aux abords entre Filipendulion et Caricion fuscae	0	0	100	0	100	0	0	0	0	9					100	142
529_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	15 08 1974	JDG	50	1034					502885	157743					100							13						
529_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	27 07 2012	VR, SG, SG, VF	50	1034	310	1	-	en légère descente vers l'Orbe (nord-ouest)	502881	157744	bord de l'Orbe (rive droite), en face de la tourbière de Praz-Rodet, dans un coude de l'Orbe		0	0	100	0	100	0	0	0	0	8					105	181
529_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	27 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1034	310	1	-	en légère descente vers l'Orbe (nord-ouest)	502881	157744	bord de l'Orbe (rive droite), en face de la tourbière de Praz-Rodet, dans un coude de l'Orbe		0	0	100	0	100	0	0	0	0	7					105	181
532_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	15 08 1974	JDG	30	1029					503041	157802		de l'autre côté où tourne le fleuve			100							20						
532_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	03 08 2012	VR	30	1029	286	0	pâcheurs?	plat	503036	157802	rive gauche de l'Orbe, proche du relevé 534, au bord de saules (point à 6m du saule)		0	0	100	5	100	0	0	0	0	12					90	150
532_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	03 08 2012	VR	25	1029	286	0	pâcheurs?	plat	503036	157802	rive gauche de l'Orbe, proche du relevé 534, au bord de saules (point à 6m du saule)		0	0	100	5	100	0	0	0	0	11					90	150
534_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	16 08 1974	JDG	20	1034					503054	157889					100							19						
534_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	03 08 2012	VR	20	1034	112	0	pâcheurs?	plat	503053	157892	rive gauche de l'Orbe, proche d'un bosquet de saules à 3 m, petit bouleau à 10 m		0	1	100	15	100	0	0	0	0	19				2	70	140
534_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	03 08 2012	VR	25	1034	112	0	pâcheurs?	plat	503053	157892	rive gauche de l'Orbe, proche d'un bosquet de saules à 3 m, petit bouleau à 10 m		0	1	100	15	100	0	0	0	0	19				2	70	140
562_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	29 08 1974	JDG	20	1037					501855	156728					70							21						
562_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	23 07 2012	VR, SG, SG, VF	20	1037	150	1	-	en légère pente en direction de l'Orbe	501861	156727	bordure de la tourbière rive gauche de l'Orbe, proche du relevé 563		0	0	99	1	100	0	0	0	1	3					120	162
562_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	23 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1037	150	1	-	en légère pente en direction de l'Orbe	501861	156727	bordure de la tourbière rive gauche de l'Orbe, proche du relevé 563		0	0	99	1	100	0	0	0	1	3					120	162
563_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	29 08 1974	JDG	15	1042					501822	156737					100							27						
563_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	18 07 2012	VR, SG, SG, VF	15	1042	172	0	-	plat	501821	156737	en lisière de la tourbière sur la rive gauche de l'Orbe, à gauche du 578, dans une petite rentrée de la tourbière	CHANGEMENT	0	0	100	5	25	0	0	0	0	23					125	160
563_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	18 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1042	172	0	-	plat	501821	156737	en lisière de la tourbière sur la rive gauche de l'Orbe, à gauche du 578, dans une petite rentrée de la tourbière	CHANGEMENT	0	0	100	5	25	0	0	0	0	23					125	160
567_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	29 08 1974	JDG	40	1041					502659	157227		sagne des Burtignière, parc à génisses, entre de denses massifs de saules			100							45						
567_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	19 07 2012	VR, SG, SG, VF, ALM	40	1041	300	1	ruissellement?	en légère pente en direction de la tourbière	502658	157228	entre 2 massifs de saules, à la hauteur de la ferme (est de la tourbière de la Burtignière)	CHANGEMENT	0	0	90	0	95	0	0	0	10	15					90	140
567_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	19 07 2012	VR, SG, SG, VF, ALM	25	1041	300	1	ruissellement?	en légère pente en direction de la tourbière	502658	157228	entre 2 massifs de saules, à la hauteur de la ferme (est de la tourbière de la Burtignière)	CHANGEMENT	0	0	90	0	95	0	0	0	10	8					90	140
570_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	05 09 1974	JDG	30	1036					502017	156956		près du port sur l'Orbe, dissimulé depuis			100							29						
570_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	02 08 2012	VR	30	1036	58	0	-	plat	502016	156950	rive droite de l'Orbe, proche des saules et de la tourbière, proche des relevés 571, 572		0	0	95	80	90	0	0	0	5	36					45	125
570_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	02 08 2012	VR	25	1036	58	0	-	plat	502016	156950	rive droite de l'Orbe, proche des saules et de la tourbière, proche des relevés 571, 572		0	0	95	80	90	0	0	0	5	36					45	125
571_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	05 09 1974	JDG	30	1032					502015	156972		plus humide, lac affleurant			100							26						
571_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	02 08 2012	VR	30	1032	245	0		plat	502015	156975	rive droite de l'Orbe, en burdure, proche du relevé 577	nombreux touradons	0	0	90	20	100	0	0	0	5	19					85	125
571_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	02 08 2012	VR	25	1032	245	0		plat	502015	156975	rive droite de l'Orbe, en burdure, proche du relevé 577	nombreux touradons	0	0	90	20	100	0	0	0	5	19					85	125
572_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	05 09 1974	JDG	40	1032					502034	156979		placette avec piézom avec petits saules, près humide avec les pieds dans l'eau			100							15						
572_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	02 08 2012	VR	40	1032	246	0	-	plat	502031	156977	rive droite de l'Orbe, après le relevé 577, près d'un bosquet de saules		0	0	95	2	100	0	0	0	5	9					80	145
572_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	02 08 2012	VR	25	1032	246	0	-	plat	502031	156977	rive droite de l'Orbe, après le relevé 577, près d'un bosquet de saules		0	0	95	2	100	0	0	0	5	9					80	145
576_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	05 09 1974	JDG	30	1037					502067	157065					100							12						
576_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	02 08 2012	VR	30	1037	142	0	non	plat	502068	157062	bordure de l'Orbe, rive droite	araignées, mouches	0	0	100	0	100	0	0	0	0	5					120	192
576_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	02 08 2012	VR	25	1037	142	0	non	plat	502068	157062	bordure de l'Orbe, rive droite	araignées, mouches	0	0	100	0	100	0	0	0	0	5					120	192
577_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	05 09 1974	JDG	20	1034					502063	157015		ancien canal			100							9						
577_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	02 08 2012	VR	20	1034	294	0	-	plat	502062	157014	rive droite de l'Orbe, dans une courbure, à quelques mètres d'un petit ruisseau (5m)	beaucoup de mouches	15	0	95	5	100	0	0	0	5	13		7			10	180
577_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	02 08 2012	VR	25	1034	294	0	-	plat	502062	157014	rive droite de l'Orbe, dans une courbure, à quelques mètres d'un petit ruisseau (5m)	beaucoup de mouches	15	0	95	5	100	0	0	0	5	14		7			10	180
578_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	12 09 1974	JDG	20	1037					501855	156757		bord de tourbière, près de 561 et 562			80							15						
578_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	18 07 2012	VR, SG, SG, VF	20	1037	256	0	-	plat	501852	156758	bordure de tourbière sur la rive gauche de l'Orbe (en face de la tourbière de la Burtignière), entre 2 bosquets d'arbres, avec un tronc en biais, en lisière	CHANGEMENT	0	0	85	20	25	0	0	0	15	25					90	158
578_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	18 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1037	256	0	-	plat	501852	156758	bordure de tourbière sur la rive gauche de l'Orbe (en face de la tourbière de la Burtignière), entre 2 bosquets d'arbres, avec un tronc en biais, en lisière	CHANGEMENT	0	0	85	20	25	0	0	0	15	25					90	158
5789_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	lac des Mortes	18 06 1989	JDG	25	1097					497268	159616		dans les champs fauchés en bordure du lac des Mortes et en bordure du sentier, à 5 mètres du bouleau et de l'épicéa			90							43						
5789_VR	Chapelle-des-Bois, FR	lac des Mortes	27 06 2013	VR	25	1097	84	2	fauché	en légère pente vers le lac	497266	159614			0	0	95	60	10	0	0	0	0	28					25	35

INFORMATIONS SUR RELEVES											COORDONNEES		REMARQUES		RECOUVREMENTS (%)								Especes	HAUTEURS STRATES (A : arbres; B : buissons; H : herbes)					
CodeOriginal	Commune	Lieu-dit	Date	Auteur	Surface	Altitude	Exposition	Pente	Utilisation	Relief	X	Y	Repères	Remarques	ARBRES	BUISSONS	HERBES	MOUSSES	LITIERE	BLOCS	PIERRES	GRAVIER	SOL NU		HmoyA	HmaxA	HmoyB	HmaxB	HmoyH	HmaxH
58/89b_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	lac des Mortes	18 06 1989	JDG	25	1100					496729	159337					100							62						
58/89b_VR	Chapelle-des-Bois, FR	lac des Mortes	27 06 2013	VR	25	1100	108	3	fauché	en légère pente vers les lacs	496728	159339	dans la pente, dans le champ fauché	cailloux calcaire à droite du relevé; terrain aplani en août 2013	0	0	100	2	2	0	0	0	0	42					30	60
582_JDG	Le Chenit, CH	Burtignière	12 09 1974	JDG	15	1041					502121	156654		point 1040, Burtignière, lisière sud			100							24						
582_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	20 06 2012	VR, NB	15	1041	320	10	non	en pente descendante en direction de la tourbière	502120	156655	petit sapin en face du relevé, nombreux touradons de Carex paniculata, bosquets de saules	nombreuses souches à côté du relevé; CHANGEMENT	0	10	95	50	25	0	0	0	1	33				60	50	85
582_VR	Le Chenit, CH	Burtignière	20 06 2012	VR, NB	25	1041	320	10	non	en pente descendante en direction de la tourbière	502120	156655	petit sapin en face du relevé, nombreux touradons de Carex paniculata, bosquets de saules	nombreuses souches à côté du relevé; CHANGEMENT	0	10	95	50	25	0	0	0	1	35				60	50	85
587_JDG	Le Chenit, CH	entre Carre et Burtignière	14 09 1974	JDG	50	1040					501664	156614		ouest du bois du Carre: filipendulion très pâturé ou piétiné			90							24						
587_VR	Le Chenit, CH	entre Carre et Burtignière	23 07 2012	VR, SG, SG, VF	50	1040	188	0	ruissellement venant du pâturage, pâturé anciennement	plat	501661	156616	au bord du champ, derrière la clôture, rive gauche de l'Orbe (coude en face du Bois du Carre)		0	0	99	15	30	0	0	0	1	12					110	150
587_VR	Le Chenit, CH	entre Carre et Burtignière	23 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1040	188	0	ruissellement venant du pâturage, pâturé anciennement	plat	501661	156616	au bord du champ, derrière la clôture, rive gauche de l'Orbe (coude en face du Bois du Carre)		0	0	99	15	30	0	0	0	1	9					110	150
589_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	15 09 1974	JDG	20	1037					502742	157864		à l'extrémité de la tourbière Praz-Rodet, Nord.ouest, rive gauche de l'Orbe, entre colline à Cynosurion et Sphagno-Picetum			90							29						
589_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	17 07 2012	VR, SG, SG, VF	20	1037	148	1	-	en légère pente depuis le pâturage	502742	157866	bord de la tourbière		0	0	100	50	1	0	0	0	0	50					50	143
589_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	17 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1037	148	1	-	en légère pente depuis le pâturage	502742	157866	bord de la tourbière		0	0	100	50	1	0	0	0	0	50					50	143
593_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	15 09 1974	JDG	15	1035					502851	157685					100							10						
593_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	03 08 2012	VR	15	1035	310	0	-	plat	502849	157686	rive gauche de l'Orbe, proche du canal entre les 2 tourbières du Praz-Rodet, en face du C. fuscae, en face du groupe de bouleau		0	0	100	0	80	0	0	0	0	7					100	160
593_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	03 08 2012	VR	25	1035	310	0	-	plat	502849	157686	rive gauche de l'Orbe, proche du canal entre les 2 tourbières du Praz-Rodet, en face du C. fuscae, en face du groupe de bouleau		0	0	100	0	80	0	0	0	0	11					100	160
597_JDG	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	15 09 1974	JDG	20	1038					502649	157817		au-dessus du mur du pâturage, clôturé, sous le chemin avec fontaine			100							21						
597_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	19 07 2012	VR, SG, SG, VF, ALM	20	1038	144	12	influence indirecte venant du pâturage	en pente	502651	157816	au bord du chemin venant de la ferme de Praz-Rodet et allant au Brassus en faisans le bord de la tourbière	eutrophisation?	0	0	98	10	60	0	0	0	2	32					65	172
597_VR	Le Chenit, CH	Praz-Rodet	19 07 2012	VR, SG, SG, VF, ALM	25	1038	144	12	influence indirecte venant du pâturage	en pente	502651	157816	au bord du chemin venant de la ferme de Praz-Rodet et allant au Brassus en faisans le bord de la tourbière	eutrophisation?	0	0	98	10	60	0	0	0	2	33					65	172
698_JDG	Le Chenit, CH	Tête du Lac, Le Sentier	16 07 1975	JDG	200	1005					508398	162724					100							17						
698_VR	Le Chenit, CH	Tête du Lac, Le Sentier	19 06 2012	VR	200	1004	350	0	non	plat	508396	162724	quelques petits épicéas par-ci par-là	la zone est faite de beaux touradons de Schoenus	0	0	70	5	30	0	0	0	3	15					25	49
698_VR	Le Chenit, CH	Tête du Lac, Le Sentier	19 06 2012	VR	25	1004	350	0	non	plat	508396	162724	quelques petits épicéas par-ci par-là	la zone est faite de beaux touradons de Schoenus	0	0	70	5	30	0	0	0	3	9					25	49
699_JDG	Le Chenit, CH	Tête du Lac, Le Sentier	16 07 1975	JDG	30	1007					508499	162810		au abords de la rive, avant la ceinture de roseaux, dans une zone non plantée de la plantation de bouleaux			100							20						
699_VR	Le Chenit, CH	Tête du Lac, Le Sentier	19 06 2012	VR	30	1007	5	2	non	dans une petite cuvette très humide	508499	162812	maisonnette et forêt à droite du relevé, lac à l'arrière à quelques mètres	présence d'eau dans le relevé, 7% (espèces de canaux (6) remplsi d'eau), nombreux touradons de Schoenus; menaces: roseaux, bouleaux?	0	20	55	35	60	0	0	0	12				40	125	30	95
699_VR	Le Chenit, CH	Tête du Lac, Le Sentier	19 06 2012	VR	25	1007	5	2	non	dans une petite cuvette très humide	508499	162812	maisonnette et forêt à droite du relevé, lac à l'arrière à quelques mètres	présence d'eau dans le relevé, 7% (espèces de canaux (6) remplsi d'eau), nombreux touradons de Schoenus; menaces: roseaux, bouleaux?	0	15	55	30	60	0	0	0	10	20			40	125	30	95
804_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Chez Bourgeois	04 08 1975	JDG	50	1096					495892	158515					100							4						
804_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Chez Bourgeois	24 07 2012	VR, SG, SG, VF	50	1096	348	1	-	en légère descente	495891	158514	filipendulion sous "Chez Bourgeois", avec prairie de fauche à l'arrière	menaces: roseaux?	0	0	100	0	100	0	0	0	0	9					100	170
804_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Chez Bourgeois	24 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1096	348	1	-	en légère descente	495891	158514	filipendulion sous "Chez Bourgeois", avec prairie de fauche à l'arrière	menaces: roseaux?	0	0	100	0	100	0	0	0	0	8					100	170
807_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	Chez Bourgeois	04 08 1975	JDG	20	1098					495928	158444					75							23						
807_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Chez Bourgeois	24 07 2012	VR, SG, SG, VF	20	1098	0	1	-	en légère pente depuis le pâturage en direction du Sud	495929	158441	en dessous du relevé 807, sous la maison Chez Bourgeois, tourbière Aux Grands Pins	nombreux touradons de molinie	0	0	90	0	100	0	0	0	10	16					60	108
807_VR	Chapelle-des-Bois, FR	Chez Bourgeois	24 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1098	0	1	-	en légère pente depuis le pâturage en direction du Sud	495929	158441	en dessous du relevé 807, sous la maison Chez Bourgeois, tourbière Aux Grands Pins	nombreux touradons de molinie	0	0	90	0	100	0	0	0	10	16					60	108
809_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	lac des Mortes	04 08 1975	JDG	30	1091					497172	159478					95							43						
809_VR	Chapelle-des-Bois, FR	lac des Mortes	27 06 2013	VR	30	1091	138	3	fauché en juillet	en pente vers le lac	497172	159483	dans la deuxième partie du champ au bord du lac des Mortes, proche de la lisière; saule en face du point GPS; sentier à 20m du point GPS en direction de la forêt		0	0	80	20	20	0	0	0	20	32					30	40

INFORMATIONS SUR RELEVES										COORDONNEES		REMARQUES		RECOUVREMENTS (%)								Especes	HAUTEURS STRATES (A : arbres; B : buissons; H : herbes)					
CodeOriginal	Commune	Lieu-dit	Date	Auteur	Surface	Altitude	Exposition	Pente	Utilisation	Relief	X	Y	Repères	Remarques	ARBRES	BUISSONS	HERBES	MOUSSES	LITIERE	BLOCS	PIERRES	GRAVIER	SOL NU		HmoyA	HmaxA	HmoyB	HmaxB	HmoyH	HmaxH
809_VR	Chapelle-des-Bois, FR	lac des Mortes	27 06 2013	VR	25	1091	138	3	fauché en juillet	en pente vers le lac	497172	159485	dans la deuxième partie du champ au bord du lac des Mortes, proche de la lisière; saule en face du point GPS; sentier à 20m du point GPS en direction de la forêt		0	0	80	20	20	0	0	0	20	28					30	40
810_JDG	Chapelle-des-Bois, FR	lac des Mortes	04 08 1975	JDG	30	1098					497181	159669					100							54						
810_VR	Chapelle-des-Bois, FR	lac des Mortes	26 07 2012	VR, SG, SG, VF	30	1098	14	2	fauché?? (anciennement oui)	en légère pente direction Nord (vers la rivière)	497180	159666	molinion dans le champ, du côté de la rivière		0	0	100	25	90	0	0	0	0	34					50	110
810_VR	Chapelle-des-Bois, FR	lac des Mortes	26 07 2012	VR, SG, SG, VF	25	1098	14	2	fauché?? (anciennement oui)	en légère pente direction Nord (vers la rivière)	497180	159666	molinion dans le champ, du côté de la rivière		0	0	100	25	90	0	0	0	0	34					50	110

N° relevé

Coordonnées ± 3m GPS Garmin	… / … (coordonnées anciennes de GALLANDAT, date du relevé) … / … (coordonnées nouvelles de RION, date du relevé) … / … (coordonnées sols et formes d'humus de RION, date du sondage) les coordonnées ciblées se situent en bas à gauche de la grille sur la base de l'exposition.
Lieu	**Burtignière, Chapelle-des-Bois ou Le Sentier**
Altitude	prise avec le GPS
Exposition / relief	prise à la boussole, en se mettant dos à la pente, au milieu d'une arête du carré
Pente	prise à la boussole (°)
Utilisation humaine	fauche, pâture, aucune
Repères, remarques	indices pour aider à la relocalisation dans le futur



Végétation (date du relevé ancien; date du relevé nouveau)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, surface m²) — Classe / Ordre / **Alliance** / Association / Sous-association / variante

VEGETATION ACTUELLE (RION, même surface que GALLANDAT m² et surface identique de 25 m²) — Classe / Ordre / Alliance / Association / Sous-association / variante

	relevé ancien de Gallandat surface m²	relevé nouveau de Rion surface comme Gallandat m²	relevé nouveau de Rion surface 25 m²
nombre d'espèces	x	x	x
espèce 1 …	abondance	abondance	abondance

Photo prise sur le terrain durant le nouvel inventaire (Vanessa Rion)

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	…	…	…	…	…	…	…	…
nouveau (RION)	…	…	…	…	…	…	…	…
nouveau (RION) 25 m²	…	…	…	…	…	…	…	…

Sol et forme d'humus (année du sondage pédologique)

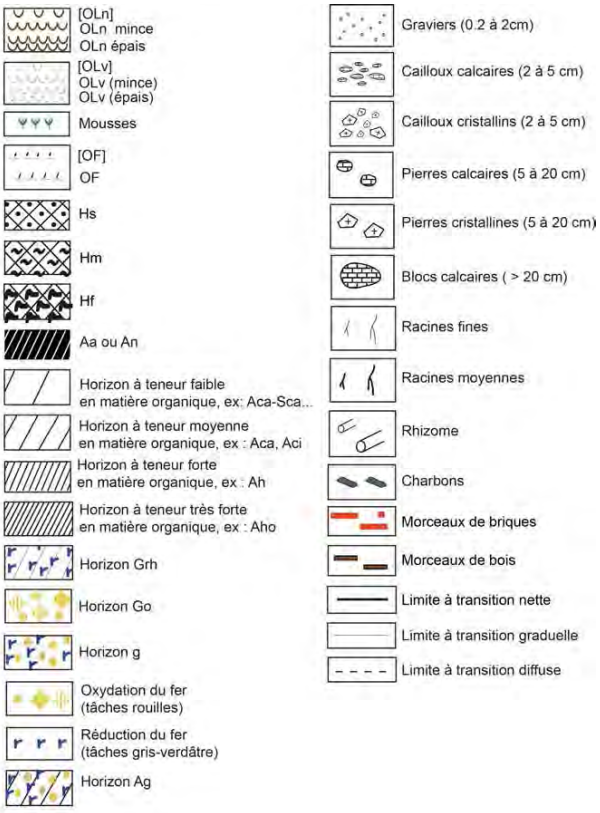
SOL — Nom du sol selon le Référentiel pédologique (BAIZE & GIRARD, 2009)
Nom du sol selon la WRB (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS — Nom de la forme d'humus selon ZANELLA *et al.* (2011)
Nom de la forme d'humus selon JABIOL *et al.* (2013)

Schéma du profil pédologique. Les formes d'humus représentent l'ensemble des horizons O, H et A. La légende figure ci-contre.

Profondeur de l'horizon [cm]	Nom de l'horizon	Couleur selon code Munsell	HCl (réaction à HCl 6M)	pH (pH Hellige sur le terrain)	Description de l'horizon (humidité, présence de mousses, texture, structure, transition, limite, …)	Résultats des analyses de laboratoire
…	…	…	…	…	…	…

Dans la dernière colonne, figurent les résultats des quelques analyses de laboratoire effectuées :
Perte au feu (PAF), **texture** (granulométrie minérale : limoneux, argileux, etc), **taux de fibres** (granulométrie organique : x % de fibres), **quantité de cations dans le sol** (CEC : saturé, mésosaturé, etc), **quantité de carbone organique** (Corg : x%).



Relevé 18_06_1988

Coordonnées ± 3m	502183 / 156706 (anciennes GALLANDAT, 18 juin 1988) 502182 / 156707 (nouvelles RION, 20 juin 2012) 502181 / 156710 (sol et forme d'humus RION, 15 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1038 m
Exposition / relief	300° (Nord-Ouest) / en pente, dans un petit fossé
Pente	8°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	lisière sud de la tourbière de la Burtignière

Végétation (1988 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Caricetum davallianae / Caricetum davallianae typicum*, variante à *Trichophorum cespitosum*, forme à *Eriophorum vaginatum*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Caricetum davallianae / Caricetum davallianae typicum*, variante à *Trichophorum cespitosum*, forme à *Eriophorum vaginatum*

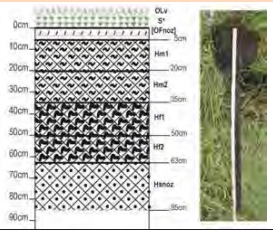
	1988 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**29**	**22**	**22**
Carex davalliana	2	2	2a
Succisa pratensis	2	2	2a
Molinia caerulea	2	1	1
Potentilla erecta	2	1	1
Swertia perennis	2		
Carex rostrata	1	3	3
Carex panicea	1	+	+
Eriophorum latifolium	1	+	+
Dactylorhiza fistulosa	1	+	+
Polygala amarella	1	+	+
Sanguisorba officinalis	1	+	+
Valeriana dioica	1		
Betula pubescens **B**	+	1	
Betula pubescens **H**		1	1
Equisetum palustre	+	+	+
Eriophorum vaginatum	+	+	+
Pinguicula vulgaris	+	+	+
Primula farinosa	+	+	+
Salix repens **B**	+	+	
Salix repens **H**			+
Scabiosa lucida	+	+	+
Caltha palustris	+		
Carex flava	+		
Crepis paludosa	+		
Filipendula ulmaria	+		
Galium boreale	+		
Lathyrus pratensis	+		
Thesium pyrenaicum	+		
Tofieldia calyculata	+		
Veratrum album s.l.	+		
Vicia cracca s.str.	+		
Briza media		+	+
Carex flacca		+	+
Eriophorum angustifolium		+	+
Parnassia palustris		+	+
Trichophorum cespitosum		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	90	50	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	85	40	0	5	0
nouveau (RION)	25	0	0	85	40	0	5	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique, calcique, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Hemic* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **FIBRIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011) **FIBRIMODER (*Folic, Ombric, Garbic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon	Analyses de laboratoire
+6 – +3	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.	
+3 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.	
0 – 5	**[OFnoz]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.	
5 – 20	**Hm1**	10YR 2/1	6	5	Horizon histique mésique, fibreux ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.	PAF : 85.63% (MO) 39% de fibres
20 – 35	**Hm2**	10YR 2/1	6	5	Horizon histique mésique, fibreux ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.	
35 – 50	**Hf1**	10YR 2/1	4	5	Horizon histique très fibreux ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.	PAF : 88.30% (MO) 45% de fibres
50 – 63	**Hf2**	10YR 2/1	4	5	Horizon histique très fibreux ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.	49% de fibres
63 – 85	**Hsnoz**	10YR 2/1	6	6	Horizon histique saprique non-zoogène ; légèrement humide. Transition et limite non observées.	PAF : 76.36% (MO)

Relevé 482

Coordonnées ± 3m	502456 / 157549 (anciennes GALLANDAT, 23 juillet 1974) 502457 / 157547 (nouvelles RION, 8 août 2012) 502455 / 157548 (sol et forme d'humus RION, 13 août 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1039 m
Exposition / relief	130° (Sud-Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	fauché
Repères, remarques	au lieu-dit « Praz-Rodet » ; au sud de la ferme de Praz-Rodet, dans le champ après le deuxième canal de drainage ; le champ est habituellement fauché, mais ne l'a pas été en 2012 car pas assez intéressant pour le paysan ; relevé très humide mais sans eau apparente

Végétation (1974 ; 2012)

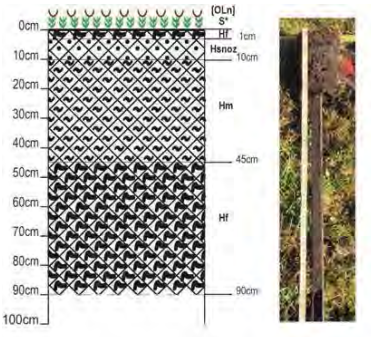
VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 15 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum potentilletosum*, variante à *Viola palustris*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 15 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum potentilletosum*, variante à *Viola palustris*

	1974 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**29**	**21**	**21**
Carex nigra	4	2	2a
Rhinanthus minor	3	+	+
Polygonum bistorta	2	2	2a
Silene flos-cuculi	2		
Anthoxanthum odoratum	1	2	2b
Caltha palustris	1	1	1
Epilobium palustre	1	1	1
Galium palustre	1	+	+
Poa pratensis	1	+	+
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Agrostis capillaris	1		
Lathyrus pratensis	1		
Luzula campestris	1		
Trisetum flavescens	1		
Valeriana dioica	1		
Veronica serpyllifolia s.str.	1		
Festuca rubra aggr.	+	2	2b
Rumex acetosa	+	1	1
Deschampsia cespitosa	+	+	1
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	+	+	+
Sanguisorba officinalis	+	+	+
Briza media	+		
Carex pallescens	+		
Carex echinata	+		
Filipendula ulmaria	+		
Taraxacum officinale aggr.	+		
Trifolium repens s.str.	+		
Trifolium pratense s.str.	+		
Veronica chamaedrys	+		
Carex rostrata		1	1
Viola palustris		1	1
Agrostis stolonifera		+	+
Eriophorum angustifolium		+	+
Festuca ovina aggr.		+	+
Galium uliginosum		+	+
Geum rivale		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	15	-	-	80	0	-	-	-
nouveau (RION)	15	0	0	85	100	0	15	0
nouveau (RION)	25	0	0	85	100	0	15	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL	**HISTOSOL FIBRRIQUE à horizons saprique et mésique en surface, acide, mésotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Fibric* Histosol** (WRB, 2006)
FORME D'HUMUS	**MÉSIHISTOMOR** avec tendance à l'assèchement en surface (ZANELLA *et al.*, 2011) **MESIMOR *(Drying up at the surface, Folic, Ombric, Garbic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice Van Post	pH	Description de l'horizon
+5.5 – +5	**[OLn]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année, en paquets ici et là sur le sol à cause de la fauche (discontinu) ; humide ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
+5 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; humide Transition nette, limite droite.
0 – 1	**Hf**	10YR 3/6	2	4.5	Horizon très fibreux, avec racines ; humide. Transition nette, limite droite.
1 – 10	**Hsnoz**	10YR 3/1	8	5	Horizon saprique, à structure grumeleuse, avec quelques racines ; texture limoneuse avec quelques sables ; humide. Transition graduelle, limite droite.
10 – 45	**Hm**	10YR 3/3	4	4.5	Horizon mésique, avec fibres ; humide. Transition graduelle, limite droite.
45 – 90	**Hf**	10YR 3/4	2	4.5	Horizon très fibreux ; humide. Transition et limite non observées.

Relevé 485

Coordonnées ± 3m	502192 / 157277 (anciennes GALLANDAT, 23 juillet 1974) 502190 / 157278 (nouvelles RION, 20 juillet 2012) 502185 / 157277 (sol et forme d'humus RION, 13 août 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1039 m
Exposition / relief	130° (Sud-Est) / très légère pente depuis le muret en direction de l'Orbe
Pente	1°
Utilisation humaine	pâturé par vaches et génisses
Repères, remarques	au lieu-dit « Praz Rodet » ; au bord du muret, dans le pâturage, au bord de la barrière

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 50 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum caricetosum paniculatae*, variante à *Carex acutiformis*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 50 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** /* Groupement à *Juncus inflexus*

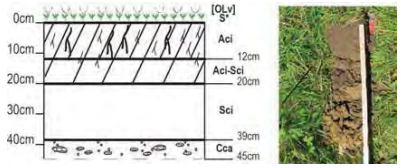
	1974 50m²	2012 50m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**32**	**41**	**34**
Caltha palustris	4		
Poa trivialis s.str.	3	1	1
Carex acutiformis	3		
Rhinanthus minor	3		
Trifolium pratense s.str.	2	2	2a
Trifolium repens s.str.	2	1	1
Filipendula ulmaria	2	+	
Cardamine pratensis	2		
Festuca rubra aggr.	1	2	2a
Agrostis stolonifera	1	1	1
Phleum pratense	1	1	1
Polygonum bistorta	1	1	1
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	1	1	1
Trollius europaeus	1	+	
Carex nigra	1		
Cirsium palustre	1		
Galium palustre	1		
Poa pratensis	1		
Sanguisorba officinalis	1		
Silene flos-cuculi	1		
Valeriana dioica	1		
Festuca pratensis s.str.	+	2	2b
Anthoxanthum odoratum	+	1	1
Juncus inflexus	+	1	1
Angelica sylvestris	+	+	
Rumex acetosa	+	+	+
Vicia cracca s.str.	+	+	+
Briza media	+		
Carum carvi	+		
Geum rivale	+		
Myosotis scorpioides	+		
Ranunculus aconitifolius	+		
Alchemilla vulgaris aggr.		2	2a
Cynosurus cristatus		2	2b
Helictotrichon pubescens		2	2b
Veronica chamaedrys		2	2a
Alchemilla glabra aggr.		1	1
Alopecurus pratensis		1	1
Carex acuta		1	1
Cirsium rivulare		1	1
Dactylis glomerata		1	1
Lathyrus pratensis		1	1
Carex hirta		+	+
Anthriscus sylvestris		+	+
Cruciata laevipes		+	+
Glyceria notata		+	
Heracleum sphondylium s.str.		+	+
Lolium perenne		+	
Plantago major s.str.		+	+
Primula elatior s.str.		+	+
Ranunculus repens		+	+
Scirpus sylvaticus		+	+
Taraxacum officinale aggr.		+	+
Leucanthemum vulgare aggr.		r	
Crepis paludosa		r	r
Plantago lanceolata		r	
Veratrum album s.l.		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	50	-	-	100	0	-	-	-
nouveau (RION)	50	0	0	98	9	0	3	2
nouveau (RION)	25	0	0	98	9	0	3	2

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **CALCISOL haplique** (BAIZE & GIRARD, 2009)
Cambisol *(Hypereutric)* (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **MÉSOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Haplic* MESOMULL** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon	Analyses de laboratoire
+2.5 – +2	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches (discontinu) ; sec ; traces de mycélium. Transition nette, limite droite.	
+2 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; sec. Transition nette, limite droite.	
0 – 12	**Aci**	10YR 3/3	0/4	6	Horizon organo-minéral compact, avec racines abondantes ; sec ; absence d'éléments grossiers. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse avec agrégats stables. Transition nette, limite droite.	
12 – 20	**Aci - Sci**	10YR 4/3	0/4	6	Horizon de transition ; sec ; absence d'éléments grossiers. Texture limono-argileuse, structure polyédrique et mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.	
20 – 39	**Sci**	10YR 5/3	0/4	6	Horizon structural ; sec ; absence d'éléments grossiers. structure compacte et polyédrique. Texture argileuse. Transition nette, limite droite.	**Texture argileuse** 42% argiles / 36% limons / 22% sables **Insaturé (mésosaturé)** V = (S/T)*100 = 70% T = 52% S = 36 %
39 – 45	**Cca**	10YR 8/1	4/4	6	Horizon minéral ; sec ; composé d'éléments grossiers carbonatés (5% de cailloux de 2 à 5 cm). Transition et limite non observés.	

Relevé 487

Coordonnées ± 3m	502337 / 157477 (anciennes GALLANDAT, 25 juillet 1974) 502340 / 157477 (nouvelles RION, 8 août 2012) 502334 / 157480 (sol et forme d'humus RION, 13 août 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1032 m
Exposition / relief	126° (Sud-Est) / très légère pente depuis le pâturage en direction de l'Orbe
Pente	1°
Utilisation humaine	pâturé par vaches et génisses
Repères, remarques	au lieu-dit « Praz-Rodet » ; entre le mur et la barrière ; trous de vache remplis d'eau

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 100 m^2)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum caricetosum paniculatae*, variante typique
VEGETATION ACTUELLE (RION, 100 m^2 et 25 m^2)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum succisetosum*, variante à *Juncus inflexus*

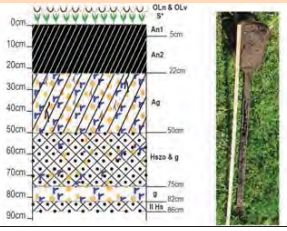
	1974 100m^2	2012 100m^2	2012 25m^2
nombre d'espèces	**21**	**16**	**12**
Poa trivialis s.str.	4	1	1
Caltha palustris	3	2	1
Alopecurus pratensis	2	1	1
Cirsium rivulare	1	1	+
Phleum pratense	1	1	1
Ranunculus acontifolius	1		
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	1		
Trollius europaeus	1		
Triseltum flavescens	1		
Filipendula ulmaria	+	2	2a
Polygonum bistorta	+	2	1
Alchemilla vulgaris aggr.	+		
Anthoxanthum odoratum	+		
Cardamine pratensis	+		
Ranunculus repens	+		
Rhinanthus minor	+		
Rumex acetosa	+		
Silene flos-cuculi	+		
Taraxacum officinale aggr.	+		
Trifolium repens s.str.	+		
Trifolium pratense s.str.	+		
Scirpus sylvaticus		4	5
Valeriana officinalis		2	1
Agrostis stolonifera		1	1
Carex nigra		1	
Carex rostrata		1	
Epilobium parviflorum		1	+
Juncus inflexus		1	
Deschampsia cespitosa		+	+
Lathyrus pratensis		+	

Relevés	surface [m^2]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	100	-	-	100	0	-	-	-
nouveau (RION)	100	0	0	100	0	0	50	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	0	0	50	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL multi-alluvio-colluvial, à horizons sapriques** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
EUANMOOR *(Folic, Ombric)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon	Analyses de laboratoire
+2 – 0	**OLv & OLn**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année et de l'année précédente ; légèrement humide ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.	
0 – 5	**An1**	10YR 3/1	0/4	6	Horizon organo-minéral pâteux à mésogrumeleux, humide. Texture argileuse. Transition graduelle, limite droite.	
5 – 22	**An2**	10YR 3/1	0/4	5	Horizon organo-minéral pâteux à mésogrumeleux, avec racines ; légèrement humide ; absence d'éléments grossiers. Texture argileuse. Transition graduelle, limite droite.	PAF : 44.95% (MO) Corg : ~20% **Insaturé (oligosaturé)** V=(S/T)*100 = 47.38% **Texture argileuse** 65% argiles / 28% limons / 11% sables
22 – 50	**Ag**	10YR 3/1 + GLEY2 G5PB	0/4	5.5	Horizon organo-minéral avec traces d'oxydo-réduction ; légèrement humide ; absence d'éléments grossiers. Texture argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.	
50 – 75	**Hszo & g**	10YR 2/1	0/4	5.5	Horizon de juxtaposition, avec fibres et taches d'oxydo-réduction ; légèrement humide. Texture limono-argileuse. Transition graduelle, limite droite.	
75 – 82	**g**	GLEY1 4N + 10YR 3/1	0/4	5.5	Horizon minéral rédoxique, avec taches d'oxydo-réduction ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure massive. Transition graduelle, limite droite	
82 – 86	**II Hs**	10YR 2/1	0/4	5.5	Horizon histique saprique ; légèrement humide ; quelques fibres. Transition et limite non observées.	

Relevé 488

Coordonnées ± 3m	502300 / 157432 (anciennes GALLANDAT, 25 juillet 1974) 502299 / 157431 (nouvelles RION, 20 juillet 2012) 502295 / 157432 (sol et forme d'humus RION, 13 août 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1037 m
Exposition / relief	138° (Sud-Est) / très légère pente depuis le pâturage en direction de l'Orbe ; en bas de pente
Pente	1°
Utilisation humaine	pâturé par vaches et génisses
Repères, remarques	au lieu-dit « Praz-Rodet » situé dans le pâturage, entre le muret et la barrière ; nombreux trous et bouses de vaches ; zones broutées et non-broutées

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum colchicetosum*, variante typique

VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** /* Groupement à *Juncus inflexus*

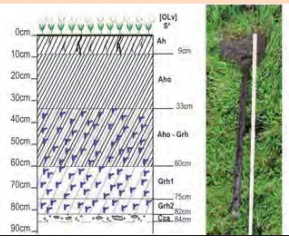
	1974 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**27**	**40**	**37**
Alchemilla vulgaris aggr.	2	1	1
Dactylis glomerata	2	1	1
Phleum pratense	2	1	1
Poa trivialis s.str.	2	1	1
Heracleum sphondylium s.str.	2		
Rhinanthus alectorolophus	2		
Trisetum flavescens	2		
Anthoxanthum odoratum	1	1	1
Trifolium pratense s.str.	1	1	1
Cardamine pratensis	1	+	+
Lathyrus pratensis	1	+	+
Rumex acetosa	1	+	+
Veronica chamaedrys	1	+	+
Agrostis capillaris	1		
Chaerophyllum aureum	1		
Galium aparine	1		
Galeopsis tetrahit	1		
Helictotrichon pubescens	1		
Polygonum bistorta	1		
Taraxacum officinale aggr.	1		
Vicia sativa s.str.	1		
Cirsium rivulare	+	2	2b
Campanula rhomboidalis	+		
Cerastium arvense s.str.	+		
Crepis mollis	+		
Thlaspi perfoliatum	+		
Veronica serpyllifolia s.str.	+		
Alopecurus pratensis		2	2a
Festuca pratensis s.str.		2	2a
Festuca rubra aggr.		2	2a
Ranunculus repens		2	2a
Agrostis stolonifera		1	1
Carex hirta		1	1
Cynosurus cristatus		1	1
Juncus effusus		1	
Rumex crispus		1	1
Scirpus sylvaticus		1	1
Trifolium repens s.str.		1	1
Caltha palustris		+	
Carex nigra		+	+
Carex leporina		+	+
Cerastium fontanum subsp. *vulgare*		+	+
Cruciata laevipes		+	+
Filipendula ulmaria		+	+
Galium uliginosum		+	+
Juncus articulatus		+	+
Leontodon hispidus s.str.		+	+
Myosotis scorpioides		+	+
Ranunculus acris subsp. *friesianus*		+	+
Veronica beccabunga		+	+
Vicia cracca s.str.		+	+
Achillea millefolium		r	r
Anthriscus sylvestris		r	r
Epilobium parviflorum		r	
Valeriana officinalis		r	r
Veronica officinalis		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	0	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	80	1	0	3	20
nouveau (RION)	25	0	0	80	1	0	3	20

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizons A et G humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epigleyic* Gleysol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **HYDROMULL, à tendance MÉSOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic* MESOMULL *(Gleyic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2.5 – 2	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches (discontinu) ; légèrement humide ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
2 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 9	**Ah**	10YR 3/1	0/4	6	Horizon organo-minéral humifère, pâteux, avec racines ; légèrement humide ; absence d'éléments grossiers ; présence d'enchytréides. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse avec agrégats stables. Transition graduelle, limite droite.
9 – 33	**Aho**	10YR 3/1	0/4	6	Horizon organo-minéral hémiorganique ; légèrement humide ; absence d'éléments grossiers. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse avec agrégats stables. Transition graduelle, limite droite.
33 – 60	**Aho – Grh**	10YR 2/1	0/4	6	Horizon de transition, organo-minéral (grumeleux) et minéral réductique ; légèrement humide ; absence d'éléments grossiers ; présence de matière organique et de traces de fer réduit. Texture limono-argileuse, structure plutôt compacte. Transition graduelle, limite droite.
60 – 75	**Grh1**	10YR 4/1 10YR 2/1	0/4	6	Horizon minéral réductique ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure massive et plastique. Transition graduelle, limite droite.
75 – 82	**Grh2**	10YR 4/1 10YR 2/1	0/4	5	Horizon minéral réductique ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse, structure plastique. Transition graduelle, limite droite.
82 – 84	**Cca**	10YR 8/2	4/4	7	Horizon minéral calcaire ; légèrement humide ; composé d'éléments grossiers carbonatés (90% de graviers < 1 cm). Transition et limite non observées.

Relevé 489

Coordonnées ± 3m	502404 / 157515 (anciennes GALLANDAT, 26 juillet 1974) 502408 / 157516 (nouvelles RION, 8 août 2012) 502405 / 157518 (sol et forme d'humus RION, 13 août 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1039 m
Exposition / relief	134° (Sud-Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	fauché
Repères, remarques	au lieu-dit « Praz-Rodet » ; au sud de la ferme de Praz-Rodet, dans le champ après le troisième canal de drainage ; le champ est habituellement fauché, mais ne l'a pas été en 2012 car pas assez intéressant pour le paysan

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²) — *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum potentilletosum*, variante à *Viola palustris*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²) — *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum potentilletosum*, variante à *Viola palustris*

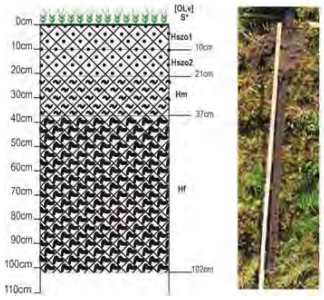
	1974 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**26**	**22**	**22**
Carex nigra	3	2	2a
Festuca rubra aggr.	3	1	1
Rhinanthus minor	3	+	+
Anthoxanthum odoratum	2	2	2b
Polygonum bistorta	2	2	2a
Agrostis capillaris	2		
Crepis mollis	2		
Trisetum flavescens	2		
Geum rivale	1	3	3
Caltha palustris	1	1	1
Valeriana dioica	1	1	1
Ajuga reptans	1		
Lathyrus pratensis	1		
Ranunculus aconitifolius	1		
Veronica chamaedrys	1		
Deschampsia cespitosa	+	2	2a
Filipendula ulmaria	+	1	1
Rumex acetosa	+	1	1
Galium uliginosum	+	+	+
Vicia cracca s.str.	+	+	+
Viola palustris	+	+	+
Ranunculus auricomus aggr.	+		
Veronica serpyllifolia s.str.	+		
Epilobium palustre	r	1	1
Cirsium rivulare	r		
Trifolium pratense s.str.	r		
Poa trivialis s.str.		1	1
Ranunculus acris subsp. *friesianus*		1	1
Agrostis stolonifera		+	+
Galium palustre		+	+
Helictotrichon pubescens		+	+
Linum catharticum		+	+
Potentilla erecta		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	0	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	98	100	0	25	0
nouveau (RION)	25	0	0	98	100	0	25	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL — **HISTOSOL FIBRIQUE à horizons sapriques et mésique en surface, acide, mésotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Fibric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS — **MÉSIHISTOMOR, avec tendance à assèchement en surface** (ZANELLA *et al.*, 2011)
MESIMOR *(Drying up at the surface, Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+4.5 – +4	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches (discontinu) ; absence de mycélium ; humide. Transition nette, limite droite.
+4 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; humide. Transition nette, limite droite.
0 – 10	**Hszo1**	10YR 3/2	8	5	Horizon histique saprique, zoogène, très noir ; humide ; quelques racines et graviers ; texture plutôt limoneuse. Transition graduelle, limite droite.
10 – 21	**Hszo2**	7.5YR 3/2	8	5	Horizon histique saprique, zoogène, plus rougeâtre ; humide ; texture plutôt limoneuse avec nombreux grains de sables. Transition graduelle, limite droite.
21 – 37	**Hm**	7.5YR 2.5/2	5	5	Horizon histique mésique, avec quelques fibres reconnaissables ; humide. Transition graduelle, limite droite.
37 – 102	**Hf**	7.5YR 2.5/3	3	5	Horizon histique fibrique, avec de nombreuses fibres reconnaissables et identifiables ; humide. Transition et limite non observées.

Relevé 492

Coordonnées ± 3m	502266 / 157316 (anciennes GALLANDAT, 26 juillet 1974) 502264 / 157311 (nouvelles RION, 8 août 2012) 502263 / 157309 (sol et forme d'humus RION, 13 août 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1035 m
Exposition / relief	210° (Sud-Ouest) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	fauché
Repères, remarques	au lieu-dit « Praz-Rodet » ; au sud de la ferme de Praz-Rodet, dans le champ, à l'ouest des relevés 482 et 489 ; le champ est habituellement fauché, mais ne l'a pas été en 2012 car pas assez intéressant pour le paysan

Végétation (1974 ; 2012)

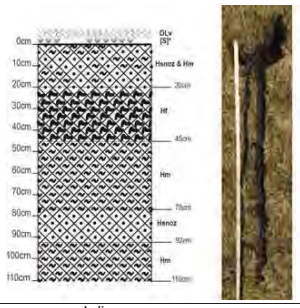
VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum potentilletosum*, variante à *Viola palustris*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum potentilletosum*, variante à *Carex davallianae*

	1974 25m²	2012 25m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**29**	**36**	**36**
Potentilla palustris	4		
Carex nigra	3	2	2a
Sanguisorba officinalis	2	1	1
Potentilla erecta	2	1	1
Geum rivale	2	+	+
Rhinanthus minor	2		
Festuca rubra aggr.	1	2	2a
Polygonum bistorta	1	1	1
Galium uliginosum	1	+	+
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Agrostis capillaris	1		
Caltha palustris	+	1	1
Succisa pratensis	+	1	1
Swertia perennis	+	1	1
Anthoxanthum odoratum	+	+	+
Briza media	+	+	+
Filipendula ulmaria	+	+	+
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	+	+	+
Aconitum napellus aggr.	+		
Epilobium palustre	+		
Euphrasia rostkoviana	+		
Galium palustre	+		
Luzula multiflora	+		
Myosotis scorpioides	+		
Scabiosa columbaria s.str.	+		
Veronica chamaedrys	+		
Viola palustris	+		
Angelica sylvestris	r	1	1
Cruciata laevipes	r		
Carex davalliana		3	3
Carex flava		3	3
Carex lasiocarpa		1	1
Carex panicea		1	1
Crepis paludosa		1	1
Eriophorum angustifolium		1	1
Molinia caerulea		1	1
Valeriana dioica		1	1
Carex flacca		+	+
Carex leporina		+	+
Cirsium rivulare		+	+
Deschampsia cespitosa		+	+
Parnassia palustris		+	+
Gymnadenia conopsea		r	r
Dactylorhiza fistulosa		r	r
Pedicularis palustris		r	r
Clinopodium vulgare		r	r
Trollius europaeus		r	r
Trifolium pratense s.str.		r	r
Veratrum album s.l.		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	25	-	-	100	0	-	-	-
nouveau (RION)	25	0	0	100	25	0	35	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL	**HISTOSOL MÉSIQUE à horizons saprique et fibrique en surface, calcique, mésotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Hemic* Histosol** (WRB, 2006)
FORME D'HUMUS	**MÉSIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011) **MESIMODER *(Folic, Ombric, Garbic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+3 – +1	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+1 – 0	**[S*]**	-	-	-	Horizon de mousses discontinu ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 20	**Hsnoz & Hm**	10YR 2/1	6	5	Horizon histique de juxtaposition, saprique non-zoogène et mésique ; poches de fibres ici-et-là dans l'horizon ; présence de racines ; humide. Transition graduelle, limite droite.
20 – 45	**Hf**	10YR 3/4	4	5.5	Horizon histique fibrique, avec de nombreuses fibres reconnaissables et identifiables ; humide. Transition graduelle, limite droite.
45 – 78	**Hm**	10YR 2/1	5	5.5	Horizon histique mésique, avec quelques fibres reconnaissables ; humide. Transition graduelle, limite droite.
78 – 92	**Hsnoz**	10YR 3/1	8	5.5	Horizon histique saprique, non-zoogène ; humide ; texture un peu limoneuse. Transition graduelle, limite droite.
92 – 110	**Hm**	10YR 2/1	5	5.5	Horizon histique mésique, avec fibres reconnaissables ; humide. Transition et limite non observées.

Relevé 493

Coordonnées ± 3m	502805 / 157505 (anciennes GALLANDAT, 29 juillet 1974) 502806 / 157505 (nouvelles RION, 5 juillet 2012) 502805 / 157509 (sol et forme d'humus RION, 16 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1039 m
Exposition / relief	238° (Sud-Ouest) / très légère pente ; relief bombé
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Praz-Rodet » ; en-dessous de la Burtignière ; au bord de la route et de la rive droite de l'Orbe ; proche des relevés 494 et 501 ; fourmilière présente

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 40 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum potentilletosum*, variante à *Viola palustris*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 40 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum potentilletosum*, variante à *Viola palustris*

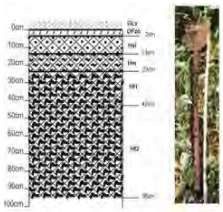
	1974 40m²	2012 40m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**35**	**27**	**26**
Carex nigra	4	2	2b
Polygonum bistorta	2	4	4
Viola palustris	2	2	2a
Luzula multiflora	2	2	2a
Anthoxanthum odoratum	2	1	1
Festuca rubra aggr.	2	1	1
Caltha palustris	2	+	+
Epilobium palustre	2	+	+
Galium uliginosum	1	2	2a
Geum rivale	1	1	1
Deschampsia cespitosa	1	1	1
Helictotrichon pubescens	1	1	1
Potentilla erecta	1	1	1
Filipendula ulmaria	1	+	
Veronica chamaedrys	1	+	+
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Carex canescens	1		
Carex leporina	1		
Crepis mollis	1		
Poa pratensis	1		
Valeriana dioica	1		
Agrostis capillaris	2		
Ajuga reptans	2		
Rumex acetosa	+	2	2b
Galium palustre	+	+	+
Lathyrus pratensis	+	+	+
Carex panicea	+		
Carex echinata	+		
Euphrasia rostkoviana	+		
Luzula campestris	+		
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	+		
Sanguisorba officinalis	+		
Trifolium pratense s.str.	+		
Veronica officinalis	+		
Cirsium rivulare	r		
Festuca pratensis s.str.		2	2a
Poa trivialis s.str.		1	1
Festuca ovina aggr.		1	1
Agrostis canina		+	+
Agrostis stolonifera		+	+
Angelica sylvestris		+	+
Equisetum palustre		+	+
Silene flos-cuculi		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	40	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	40	0	0	100	1	0	30	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	1	0	30	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface, acide, mésotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Fibric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **MÉSIHISTOMOR, avec tendance à assèchement en surface** (ZANELLA *et al.*, 2011)
MESIMOR *(Drying up at the surface, Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon	Analyses de laboratoire
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.	
0 – 3	**OFzo**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentées par la faune ; sec. Transition nette, limite droite.	
3 – 13	**Hsl**	10YR 2/2	3	5	Horizon histique limique, zoogène ; présence de vers de terre et araignées ; présence de racines ; sec. Texture limoneuse ; structure grumeleuse, avec du minéral. Transition nette, limite droite.	PAF : 51.63% (MO) **Insaturé (désaturé)** V=(S/T)*100 =16.48% **Texture limoneuse** 22% argiles / 23% limons / 45% sables
13 – 23	**Hm**	10YR 3/2	2	5	Horizon histique mésique, avec quelques fibres reconnaissables ; quelques racines ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.	
23 – 42	**Hf1**	10YR 3/3	3	5	Horizon histique fibrique, avec de nombreuses fibres reconnaissables et identifiables ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.	
42 – 95	**Hf2**	10YR 3/4	3	5	Horizon histique fibrique, avec de nombreuses fibres reconnaissables et identifiables ; légèrement humide. Transition et limite non observées.	

Relevé 494

Coordonnées ± 3m	502777 / 157566 (anciennes GALLANDAT, 29 juillet 1974) 502777 / 157568 (nouvelles RION, 5 juillet 2012) 592779 / 157566 (sol et forme d'humus RION, 16 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1033 m
Exposition / relief	330° (Nord-Ouest) / en pente
Pente	4°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Praz-Rodet » ; en-dessous de la Burtignière ; rive droite de l'Orbe ; bord de la tourbière ; proche des relevés 493 et 501

Végétation (1974 ; 2012)

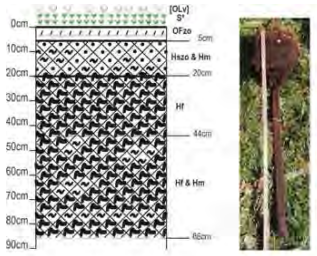
VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m^2)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Festuca rubra*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m^2 et 25 m^2)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Festuca rubra*

	1974 30m^2	2012 30m^2	2012 25m^2
nombre d'espèces	**28**	**17**	**17**
Potentilla erecta	4	2	2b
Carex nigra	3	2	2b
Viola palustris	3	1	1
Polygonum bistorta	2	3	3
Anthoxanthum odoratum	2	+	+
Festuca rubra aggr.	2	+	+
Agrostis capillaris	2		
Nardus stricta	2		
Ajuga reptans	1	+	+
Luzula multiflora	1	+	+
Angelica sylvestris	1		
Carex leporina	1		
Cirsium palustre	1		
Sanguisorba officinalis	+	2	2b
Deschampsia cespitosa	+	1	1
Briza media	+		
Carex panicea	+		
Carex echinata	+		
Crepis paludosa	+		
Epilobium palustre	+		
Euphrasia rostkoviana	+		
Galium uliginosum	+		
Geum rivale	+		
Helictotrichon pubescens	+		
Juncus effusus	+		
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	+		
Vicia cracca s.str.	+		
Rhinanthus minor	r		
Festuca ovina aggr.		1	1
Agrostis stolonifera		+	+
Carex rostrata		+	+
Molinia caerulea		+	+
Poa trivialis s.str.		+	+
Rumex acetosa		+	+
Succisa pratensis		+	+

Relevés	surface [m^2]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	100	2	0	0	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	2	0	0	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL	**HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface, acide, mésotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Fibric* Histosol** (WRB, 2006)
FORME D'HUMUS	**MÉSIHISTOMOR, avec tendance à assèchement en surface** (ZANELLA *et al.*, 2011) **MESIMOR *(Drying up at the surface, Folic, Ombric, Garbic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+4 – +3	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches (discontinu) ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+3 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 5	**OFzo**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
5 – 20	**Hszo & Hm**	10YR 2/2	4	4	Horizon histique de juxtaposition, avec des fibres ici-et-là et des zones zoogènes sans fibres ou avec des fibres non-reconnaissables ; racines abondantes ; un peu de minéral ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.
20 – 44	**Hf**	10YR 4/5	2	4	Horizon histique fibrique, avec de nombreuses fibres reconnaissables et identifiables ; humide. Transition graduelle, limite droite.
44 – 86	**Hf & Hm**	10YR 3/6	2	4	Horizon histique de juxtaposition, avec fibres (horizon fibrique et mésique) ; humide. Transition et limite non observées.

Relevé 495

Coordonnées ± 3m	502790 / 157638 (anciennes GALLANDAT, 29 juillet 1974) 502788 / 157640 (nouvelles RION, 5 juillet 2012) 502788 / 157637 (sol et forme d'humus RION, 16 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1032 m
Exposition / relief	64° (Nord-Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Praz-Rodet » ; en-dessous de la Burtignière ; rive droite de l'Orbe, au bord de la tourbière, dans un méandre de l'Orbe ; proche des relevés 493, 403, 501, 502

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Festuca rubra*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Festuca rubra*

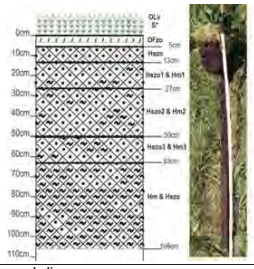
	1974 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**30**	**32**	**36**
Carex nigra	4	2	2a
Potentilla erecta	2	2	2a
Sanguisorba officinalis	2	1	1
Viola palustris	2	1	1
Festuca rubra aggr.	2	1	1
Agrostis capillaris	2	+	+
Carex echinata	2		
Nardus stricta	2		+
Polygonum bistorta	1	2	2a
Luzula multiflora	1	1	1
Lathyrus pratensis	1	+	+
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Trollius europaeus	1		
Filipendula ulmaria	+	2	2a
Galium uliginosum	+	1	1
Anthoxanthum odoratum	+	+	+
Deschampsia cespitosa	+	+	+
Geum rivale	+	+	+
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	+	+	1
Silene flos-cuculi	+	+	+
Crepis mollis	+	r	r
Alchemilla vulgaris aggr.	+		
Angelica sylvestris	+		r
Briza media	+		
Galium boreale	+		r
Luzula campestris	+		
Rhinanthus minor	+		
Veratrum album s.str.	+		
Salix repens **B**	r	+	+
Salix repens **H**			+
Rumex acetosa	r		r
Succisa pratensis		2	2a
Agrostis canina		1	1
Betula pubescens **B**		1	1
Betula pubescens **H**			+
Festuca ovina aggr.		1	1
Carex flacca		+	+
Caltha palustris		+	+
Carex panicea		+	+
Carex rostrata		+	+
Potentilla palustris		+	+
Epilobium palustre		+	+
Melampyrum sylvaticum		+	+
Valeriana dioica		+	+
Dactylorhiza fistulosa		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	3	90	90	0	2	10
nouveau (RION)	25	0	3	90	90	0	2	10

Formes d'humus et sols

SOL : **HISTOSOL SAPRIQUE à horizons mésiques, acide, mésotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Sapric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **HUMIHISTOAMPHI** (ZANELLA *et al.*, 2011) **HUMIAMPHI *(Folic, Ombric, Garbic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+4.5 – +4	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+4 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 5	**OFzo**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentées par la faune ; sec Transition nette, limite droite.
5 – 13	**Hszo**	10YR 2/1	8	4	Horizon saprique zoogène, grumeleux, avec des racines ; sec. Transition nette, limite droite.
13 – 27	**Hszo1 & Hm1**	10YR 2/1	8	5	Horizon histique de transition, principalement saprique zoogène avec des fibres ici-et-là ; granuleux et aspect grumeleux ; quelques racines ; sec Transition nette, limite droite.
27 – 50	**Hszo2 & Hm2**	10YR 2/1	6	5	Horizon histique de transition, principalement saprique zoogène avec des fibres ici-et-là ; granuleux et aspect grumeleux ; humide. Transition nette, limite droite.
50 – 63	**Hszo3 & Hm3**	10YR 2/1	6	5	Horizon histique de transition, principalement saprique zoogène avec des fibres ici-et-là ; granuleux et aspect grumeleux ; humide. Transition nette, limite droite.
63 – 106	**Hm & Hszo**	10YR 2/2	6	5	Horizon histique de transition, principalement mésique avec des poches de fibres dégradées ; humide. Transition et limite non observées.

Relevé 497

Coordonnées ± 3m	502763 / 157643 (anciennes GALLANDAT, 29 juillet 1974) 502762 / 157641 (nouvelles RION, 27 juillet 2012) 502759 / 157641 (sol et forme d'humus RION, 16 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1035 m
Exposition / relief	212° (Sud-Ouest) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Praz-Rodet » ; en-dessous de la Burtignière ; rive droite de l'Orbe, au bord de la tourbière ; en face de la première tourbière située sur l'autre rive de l'Orbe ; proche des relevés 495 et 498

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²) — *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum typicum*, variante à *Calamagrostis canescens*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²) — *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum typicum*, variante à *Calamagrostis canescens*

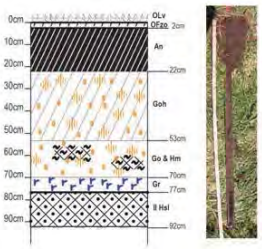
	1974 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**17**	**17**	**17**
Carex acuta	5		
Calamagrostis canescens	3	4	4
Filipendula ulmaria	3	2	2b
Sanguisorba officinalis	2	+	+
Caltha palustris	2		
Hierochloe odorata	1	1	1
Lathyrus pratensis	1	+	+
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Cardamine pratensis	1		
Geum rivale	1		
Polygonum bistorta	1		
Ranunculus aconitifolius	+	1	
Galium palustre	+	+	+
Aconitum napellus aggr.	+	+	+
Ranunculus auricomus aggr.	+		1
Phalaris arundinacea	r	2	2a
Carex acutiformis	r		
Carex elata		2	2a
Cirsium rivulare		1	1
Angelica sylvestris		+	+
Anthriscus sylvestris		+	+
Galeopsis tetrahit		+	+
Valeriana officinalis		+	+
Veratrum album s.l.		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	100	0	0	100	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	0	0	100	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL — **RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère, à horizon saprique de profondeur** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epigleyic, Histic* Gleysol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS — **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011) **EUANMOOR *(Folic, Gleyic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 2	**OFzo**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentées par la faune ; sec Transition nette, limite droite.
2 – 22	**An**	10YR 3/2	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines présentes ; aucun élément grossier ; sec. Structure mésogrumeleuse. Texture argilo-limoneuse. Transition graduelle, limite droite.
22 – 53	**Goh**	10YR 4/1	0/4	5	Horizon minéral réductique, avec fer oxydé et matière organique ; sec. Texture limono-argileuse. Transition graduelle, limite droite.
53 – 70	**Go & Hm**	10YR 4/1	0/4	5	Horizon de juxtaposition, avec horizon réductique oxydé, composé de poches de fibres ici-et-là ; présence de matériel minéral brillant ; sec. Texture limoneuse. Transition graduelle, limite droite.
70 – 77	**Gr**	10YR 3/1	0/4	5.5	Horizon minéral réductique avec fer réduit ; sec. Texture limono-argileuse. Transition nette, limite droite.
77 – 92	**II Hsl**	10YR 3/1	0/4	6	Horizon histique limique, zoogène ; quelques poches de fibres sont présentes ; sec. Texture limoneuse et fibreuse. Transition et limite non observées.

Relevé 498

Coordonnées ± 3m	502745 / 157631 (anciennes GALLANDAT, 29 juillet 1974) 502744 / 157631 (nouvelles RION, 31 juillet 2012) 502745 / 157630 (sol et forme d'humus RION, 16 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1034 m
Exposition / relief	32° (Nord-Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Praz-Rodet » ; en-dessous de la Burtignière ; rive droite de l'Orbe, au bord de la tourbière ; en face de la première tourbière située sur l'autre rive de l'Orbe ; proche des relevés 495 et 497

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum typicum*, variante à *Trollius europaeus*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum typicum*, variante à *Calamagrostis canescens*

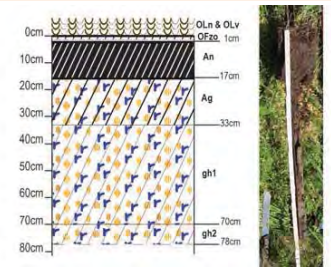
	1974 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**19**	**10**	**8**
Filipendula ulmaria	5	3	3
Carex acutiformis	3	2	2b
Aconitum napellus aggr.	2		
Caltha palustris	2		
Polygonum bistorta	2		
Trollius europaeus	2		
Valeriana dioica	2		
Cardamine pratensis	1		
Ranunculus aconitifolius	1	1	
Vicia cracca s.str.	1	1	1
Cirsium rivulare	1	+	+
Deschampsia cespitosa	1	+	+
Sanguisorba officinalis	1		
Agrostis capillaris	+		
Carex acuta	+		
Geum rivale	+		
Poa pratensis	+		
Silene flos-cuculi	+		
Galium mollugo s.str.	r		
Calamagrostis canescens		2	2b
Phalaris arundinacea		1	1
Valeriana officinalis		1	
Alopecurus pratensis		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	100	0	0	0	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	0	0	0	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **RÉDOXISOL surrédoxique, à horizons g humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011) **EUANMOOR *(Folic, Ombric)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon	Analyses de laboratoire
+3 – 0	**OLv & OLn**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année et de l'année précédente ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.	
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentées, zoogène ; sec Transition nette, limite droite.	
1 – 17	**An**	10YR 2/1	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; avec racines ; présence de vers de terre ; sec Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.	PAF : 31.12% (MO) **Insaturé (mésosaturé)** V=(S/T)*100= 55.05% **Texture limono-argileuse** 34% argiles / 22% limons / 33% sables
17 – 33	**Ag**	10YR 4/2 + GLEY2 G5PB	0/4	5	Horizon organo-minéral avec traces d'oxydo-réduction ; sec Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.	
33 – 70	**gh1**	10YR 5/1 + GLEY2 5/5PB	0/4	5	Horizon minéral rédoxique, avec matière organique ; sec. Texture limono-argileuse. Transition graduelle, limite droite.	
70 – 78	**gh2**	10YR 3/1	0/4	5	Horizon minéral rédoxique, avec matière organique et quelques fibres ; sec. Texture limono-argileuse. Transition et limite non observées.	PAF : 13.63% (MO) **Insaturé (oligosaturé)** V=(S/T) *100= 28.87% **Texture limono-argileuse** 29% argiles / 28% limons / 43% sables

Relevé 501

Coordonnées ± 3m	502782 / 157543 (anciennes GALLANDAT, 30 juillet 1974) 502782 / 157543 (nouvelles RION, 5 juillet 2012) 502785 / 157544 (sol et forme d'humus RION, 16 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1037 m
Exposition / relief	288° (Ouest) / en pente vers l'ouest
Pente	4°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Praz-Rodet » ; rive droite de l'Orbe ; bord de la tourbière ; proche des relevés 493 et 502

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 10 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Calluna vulgaris*, forme humide à *Vaccinium oxycoccos*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 10 m² et 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Festuca rubra*

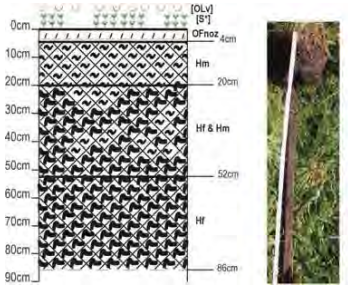
	1974 10m²	2012 10m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**13**	**20**	**20**
Molinia caerulea	4		
Calluna vulgaris	3		
Trichophorum cespitosum	3		
Potentilla erecta	2	2	2b
Festuca ovina aggr.	2	1	1
Vaccinium oxycoccos	2		
Anthoxanthum odoratum	1	1	1
Eriophorum vaginatum	1		
Carex nigra	+	2	2a
Luzula multiflora	+	+	+
Agrostis capillaris	+		
Luzula campestris	+		
Vaccinium uliginosum	+		
Deschampsia cespitosa		2	3
Polygonum bistorta		2	2b
Viola palustris		2	2a
Festuca rubra aggr.		1	1
Helictotrichon pubescens		1	1
Silene flos-cuculi		1	r
Agrostis stolonifera		+	+
Briza media		+	+
Carex echinata		+	+
Crepis mollis		+	+
Galium uliginosum		+	+
Rumex acetosa		+	+
Sanguisorba officinalis		+	+
Succisa pratensis		+	+
Leontodon hispidus s.str.		r	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	10	-	-	100	75	-	-	-
nouveau (RION)	10	0	0	100	10	0	5	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	10	0	5	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique en surface, acide, mésotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Fibric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **MÉSIHISTOMOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
MESIMOR *(Folic, Ombric, Garbic* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon	Analyses de laboratoire
+3 – +2	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches (discontinu) ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.	
+2 – 0	**[S*]**	-	-	-	Horizon de mousse discontinu ; sec. Transition nette, limite droite.	
0 – 4	**OFnoz**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentées, non-zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.	
4 – 20	**Hm**	10YR 2/2	4	4	Horizon histique mésique, avec fibres ; humide. Transition nette, limite droite.	PAF : 74.55% (MO)
20 – 52	**Hf & Hm**	10YR 3/4	4	4	Horizon histique de juxtaposition, avec principalement un horizon histique composés de quelques fibres plus dégradées ici-et-là ; humide. Transition nette, limite droite.	
52 – 86	**Hf**	10YR 4/3	3	4	Horizon très fibreux ; humide. Transition et limite non observées.	

Relevé 502

Coordonnées ± 3m	502780 / 157546 (anciennes GALLANDAT, 30 juillet 1974) 502781 / 157546 (nouvelles RION, 5 juillet 2012) 502778 / 157546 (sol et forme d'humus RION, 16 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1033 m
Exposition / relief	88° (Est) / légère pente
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Praz-Rodet » ; rive droite de l'Orbe ; bord de la tourbière ; proche des relevés 493 et 501 ; zone irrégulière avec buttes

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 10 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Festuca rubra*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 10 m² et 25 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Festuca rubra*

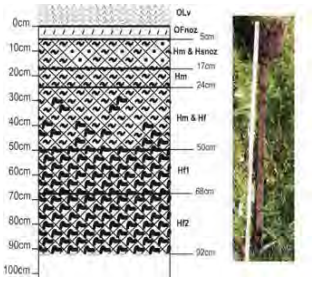
	1974 10m²	2012 10m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**9**	**19**	**19**
Polygonum bistorta	5	4	4
Potentilla erecta	1	2	2b
Carex nigra	1	1	1
Festuca ovina aggr.	1	+	+
Luzula multiflora	1	+	+
Carex canescens	1		
Molinia caerulea	1		
Festuca rubra aggr.	+	2	2a
Anthoxanthum odoratum	+	+	+
Deschampsia cespitosa		1	2a
Festuca pratensis s.str.		1	1
Sanguisorba officinalis		1	1
Agrostis stolonifera		+	+
Carex leporina		+	+
Potentilla palustris		+	+
Helictotrichon pubescens		+	+
Phleum pratense		+	+
Rumex acetosa		+	+
Viola palustris		+	+
Angelica sylvestris		r	r
Succisa pratensis		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	10	-	-	100	100	-	-	-
nouveau (RION)	10	0	0	100	1	0	1	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	1	0	1	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques et saprique en surface, acide, mésotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Fibric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **MÉSIHISTOMOR, avec tendance à l'assèchement en surface** (ZANELLA *et al.*, 2011)
MESIMOR *(Drying up at the surface, Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+4 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente formant un tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 5	**OFnoz**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentées non-zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
5 – 17	**Hm & Hsnoz**	10YR 2/2	6	4	Horizon histique de juxtaposition, mésique et saprique non-zoogène ; poches de zones plus dégradées et grumeleuses ici-et-là dans l'horizon ; présence de racines ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
17 – 24	**Hm**	10YR 3/3	5	4	Horizon histique mésique ; présence de racines ; humide. Transition nette, limite droite.
24 – 50	**Hm & Hf**	10YR 3/2	4	4	Horizon histique de juxtaposition, mésique et fibrique ; poches de grosses fibres ici-et-là dans l'horizon ; présence de racines ; humide. Transition nette, limite droite.
50 – 68	**Hf1**	10YR 3/4	3	4	Horizon très fibreux ; présence de racines ; humide. Transition nette, limite droite.
68 – 92	**Hf2**	10YR 3/4	3	4	Horizon très fibreux ; présence de racines ; humide. Transition et limite non observées.

Relevé 510

Coordonnées ± 3m	502955 / 157740 (anciennes GALLANDAT, 31 juillet 1974) 502958 / 157743 (nouvelles RION, 5 juillet 2012) 502957 / 157738 (sol et forme d'humus RION, 16 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1031 m
Exposition / relief	50° (Nord-Est) / légère pente en direction de l'Orbe
Pente	2°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Praz-Rodet » ; rive droite de l'Orbe ; bord de la tourbière ; proche des relevés 511 et 525 ; bosquet de saules en contrebas

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)
*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Calluna vulgaris*, forme humide à *Vaccinium oxycoccos*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)
*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Calluna vulgaris*, forme humide à *Vaccinium oxycoccos*

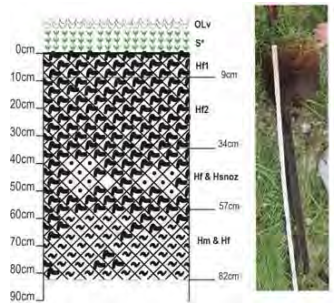
	1974 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**18**	**12**	**12**
Potentilla erecta	3	1	1
Molinia caerulea	2	3	3
Carex nigra	2	2	2a
Calluna vulgaris	2	1	1
Trichophorum cespitosum	2	+	+
Carex echinata	2		
Eriophorum vaginatum	+	2	2a
Anthoxanthum odoratum	+	1	1
Vaccinium uliginosum	+	1	1
Luzula multiflora	+	+	+
Carex pauciflora	+		
Carex rostrata	+		
Festuca ovina aggr.	+		
Festuca rubra aggr.	+		
Luzula campestris	+		
Viola palustris	+		
Eriophorum angustifolium	r		
Vaccinium oxycoccos	r	+	+
Melampyrum sylvaticum		1	1
Pinus mugo subsp. *uncinata* **B**		+	+
Pinus mugo subsp. *uncinata* **H**		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100		-	-	-
nouveau (RION)	20	0	1	75	80	0	30	25
nouveau (RION)	25	0	1	75	80	0	30	25

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique, acide, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Fibric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **MÉSIHISTOMOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
MESIMOR *(Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+6 – +4	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente formant un tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+4 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 9	**Hf1**	10YR 4/3	2	5	Horizon très fibreux ; sec. Transition graduelle, limite droite.
9 – 34	**Hf2**	10YR 4/3	3	5	Horizon très fibreux ; humide. Transition graduelle, limite droite.
34 – 57	**Hf & Hsnoz**	10YR 2/1	3	5	Horizon histique de juxtaposition, mésique et saprique non-zoogène ; poches de zones plus dégradées et grumeleuses ici-et-là dans l'horizon ; présence de racines ; humide. Transition graduelle, limite droite.
57 – 82	**Hm & Hf**	10YR 3/2	6	5	Horizon histique de juxtaposition, mésique et fibrique ; poches de fibres en mosaïque dans l'horizon ; humide. Transition et limite non observées.

Relevé 511

Coordonnées ± 3m	502950 / 157734 (anciennes GALLANDAT, 31 juillet 1974) 502949 / 157737 (nouvelles RION, 5 juillet 2012) 502949 / 157735 (sol et forme d'humus RION, 16 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1037 m
Exposition / relief	48° (Nord-Est) / légère pente en direction de l'Orbe
Pente	2°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Praz-Rodet » ; rive droite de l'Orbe ; bord de la tourbière ; proche des relevés 510 et 525 ; à quelques pas d'un pin

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 15 m²)
*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Calluna vulgaris*, forme humide à *Vaccinium oxycoccos*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 15 m² et 25 m²)
*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Calluna vulgaris*, forme humide à *Vaccinium oxycoccos*

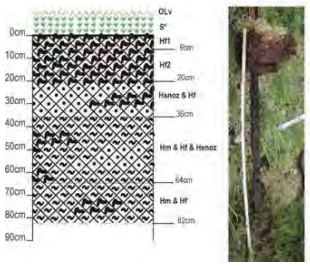
	1974 15m²	2012 15m²		2012 25m²
nombre d'espèces	**9**	**10**		**10**
Vaccinium oxycoccos	2	1		1
Trichophorum cespitosum	2	1		1
Calluna vulgaris	2	+		1
Eriophorum vaginatum	1	2		2b
Molinia caerulea	1	2		2b
Vaccinium uliginosum	1	1		1
Carex rostrata	1			
Carex nigra	+	1		1
Melampyrum pratense	+	1		1
Pinus mugo subsp. *uncinata* **B**		1	1	1
Pinus mugo subsp. *uncinata* **H**			r	r
Vaccinium myrtillus		r		r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	15	-	-	100		-	-	-
nouveau (RION)	15	0	3	60	95	0	30	40
nouveau (RION)	25	0	3	60	95	0	30	40

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, acide, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Hemic* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **FIBRIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011)
FIBRIMODER *(Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+4 – +3	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
+3 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 6	**Hf1**	10YR 3/2	1	5	Horizon très fibreux ; racines abondantes ; humide. Transition graduelle, limite droite.
6 – 20	**Hf2**	10YR 2/2	1	5	Horizon très fibreux ; racines présentes ; humide. Transition graduelle, limite droite.
20 – 36	**Hsnoz & Hf**	10YR 2/2	5	5	Horizon histique de juxtaposition, saprique non-zoogène et fibrique ; poches de fibres ici-et-là dans l'horizon ; présence de racines ; humide. Transition graduelle, limite droite.
36 – 64	**Hm & Hf & Hsnoz**	10YR 2/2	7	5	Horizon histique de juxtaposition, mésique, fibrique et saprique non-zoogène ; poches de fibres et de zones plus dégradées ici-et-là dans l'horizon ; présence de racines ; humide. Transition graduelle, limite droite.
64 – 82	**Hm & Hf**	10YR 2/2	4	5	Horizon histique de juxtaposition, mésique et fibrique ; poches de fibres ici-et-là dans l'horizon ; présence de racines ; humide. Transition et limite non observées.

Relevé 512

Coordonnées ± 3m	503046 / 157306 (anciennes GALLANDAT, 31 juillet 1974) 503048 / 157307 (nouvelles RION, 4 juillet 2012) 503046 / 157305 (sol et forme d'humus RION, 25 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1044 m
Exposition / relief	150° (Sud-Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	bord de la tourbière au sud de la route (au sud de la ferme de la Burtignière, tourbière de la Pisse-Vache) ; proche du relevé 514 ; prairie très humide en bordure de saules au sud ; suintement d'eau dans le relevé ; eau couvre 5% du relevé

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 10 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae comaretosum*, variante à *Carex diandra*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 10 m² et 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae comaretosum*, variante à *Carex diandra*

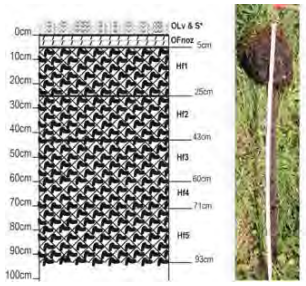
	1974 10m²	2012 10m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**13**	**31**	**35**
Potentilla palustris	5	2	2a
Carex rostrata	4	2	2a
Carex nigra	2	2	2a
Galium palustre	2	+	+
Cardamine pratensis	2		r
Caltha palustris	1	1	1
Polygonum bistorta	1	1	1
Geum rivale	1	+	1
Myosotis scorpioides	1		
Filipendula ulmaria	+	+	+
Galium uliginosum	+	+	+
Epilobium palustre	+		
Deschampsia cespitosa	r		+
Salix caprea **B**		r	
Salix caprea **H**			r
Succisa pratensis		2	2b
Swertia perennis		2	2a
Briza media		1	1
Festuca ovina aggr.		1	1
Lathyrus pratensis		1	1
Potentilla erecta		1	1
Sanguisorba officinalis		1	1
Valeriana dioica		1	1
Angelica sylvestris		+	+
Betula pubescens **H**		+	+
Carex diandra		+	+
Carex panicea		+	+
Equisetum palustre		+	+
Eriophorum angustifolium		+	+
Hierochloe odorata		+	+
Dactylorhiza fistulosa		+	+
Parnassia palustris		+	+
Vicia cracca s.str.		+	+
Viola palustris		+	+
Salix pentandra **B**		r	r
Salix pentandra **H**			
Silene flos-cuculi		r	
Eriophorum vaginatum			+
Salix repens **H**			r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	10	-	-	100		-	-	-
nouveau (RION)	10	0	10	90	80	0	15	10
nouveau (RION)	25	0	10	90	80	0	15	10

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL FIBRIQUE, acide, flottant, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Fibric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **FIBRIHISTOMOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
FIBRIMOR *(Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+4 – 0	**OLv & S***	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en mosaïque avec des mousses ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
0 – 5	**OFnoz**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentées, non-zoogène ; très humide. Transition nette, limite droite.
5 – 25	**Hf1**	10YR 4/4	2	4	Horizon très fibreux ; racines présentes ; très humide. Transition nette, limite droite.
25 – 43	**Hf2**	10YR 5/3	1	4	Horizon très fibreux ; très humide. Transition nette, limite droite.
43 – 60	**Hf3**	10YR 4/4	2	4	Horizon très fibreux ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
60 – 71	**Hf4**	10YR 4/4	2	4	Horizon très fibreux ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
71 – 93	**Hf5**	10YR 3/3	2	4	Horizon très fibreux ; très humide. Transition et limite non observées.

Relevé 514

Coordonnées ± 3m	503040 / 157306 (anciennes GALLANDAT, 31 juillet 1974) 503039 / 157307 (nouvelles RION, 4 juillet 2012) 503038 / 157312 (sol et forme d'humus RION, 25 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1052 m
Exposition / relief	152° (Sud-Est) / légère pente en direction du sud-est
Pente	2°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	bord de la tourbière au sud de la route (au sud de la ferme de la Burtignière, tourbière de la Pisse-Vache) ; proche du relevé 512 ; prairie très humide en bordure de saules au sud ; présence d'eau dans le relevé et tout autour, très humide

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae comaretosum*, variante à *Carex diandra*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae comaretosum*, variante à *Carex diandra*

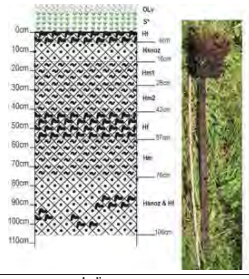
	1974 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**20**	**34**	**34**
Potentilla palustris	5	2	2a
Carex nigra	4	2	2b
Carex rostrata	2	2	2b
Galium palustre	2	+	+
Potentilla erecta	1	2	2a
Polygonum bistorta	1	1	1
Carex diandra	1	+	+
Cardamine pratensis	1	r	r
Succisa pratensis	+	2	2a
Caltha palustris	+	1	1
Filipendula ulmaria	+	1	1
Galium uliginosum	+	1	+
Equisetum palustre	+	+	+
Geum rivale	+	+	+
Valeriana dioica	+	+	+
Carex paniculata	+		
Epilobium palustre	+		
Vicia cracca s.str.	+		
Silene flos-cuculi	r	r	r
Poa pratensis	r		
Lathyrus pratensis		2	1
Swertia perennis		2	2a
Agrostis canina		1	+
Briza media		1	1
Cirsium palustre		1	1
Sanguisorba officinalis		1	1
Carex flacca		+	+
Festuca ovina aggr.		+	+
Festuca rubra aggr.		+	+
Galium boreale		+	+
Luzula multiflora		+	+
Parnassia palustris		+	+
Viola palustris		+	+
Cirsium rivulare		r	r
Dactylorhiza fistulosa		r	r
Ranunculus acris subsp. *friesianus*		r	r
Salix cinerea **H**		r	r
Trifolium pratense s.str.		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100		-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	95	60	0	15	5
nouveau (RION)	25	0	0	95	60	0	15	5

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et sapriques en surface et de profondeur, acide, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Hemic* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **MÉSIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011)
MESIMODER *(Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+8 – +6	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente continu ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
+6 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses ; très humide. Transition nette, limite droite.
0 – 4	**Hf**	10YR 5/4	3	4	Horizon histique très fibreux ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
4 – 16	**Hsnoz**	10YR 2/1	5	4	Horizon histique saprique non-zoogène ; racines abondantes ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
16 – 28	**Hm1**	10YR 3/3	3	4	Horizon histique mésique ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
28 – 42	**Hm2**	10YR 3/3	3	4	Horizon histique mésique ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
42 – 57	**Hf**	10YR 3/6	2	4	Horizon histique très fibreux ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
57 – 76	**Hm**	10YR 3/1	3	4	Horizon histique mésique ; très humide. Transition diffuse, limite droite.
76 – 106	**Hsnoz & Hf**	10YR 3/4	8	4	Horizon histique de juxtaposition, saprique non-zoogène et fibrique ; poches de fibres ici-et-là dans l'horizon ; très humide. Transition et limite non observées.

Relevé 520

Coordonnées ± 3m	503145 / 157910 (anciennes GALLANDAT, 14 août 1974) 503146 / 157911 (nouvelles RION, 4 juillet 2012) 503144 / 157910 (sol et forme d'humus RION, 13 août 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1032 m
Exposition / relief	328° (Nord-Ouest) / très légère pente en direction de l'Orbe
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	sur la rive droite de l'Orbe, au niveau de la fin de la tourbière de Praz-Rodet sur l'autre rive ; extrémité est de la zone de la Burtignière, derrière des saules et après un muret (barrière)

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 10 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum succisetosum*, variante à *Swertia perennis*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 10 m² et 25 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum typicum*, variante à *Calamagrostis canescens*

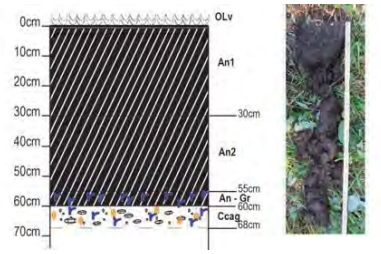
	1974 10m²	2012 10m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**26**	**18**	**19**
Carex nigra	3		
Hierochloe odorata	3		
Caltha palustris	2	1	1
Valeriana dioica	2		
Filipendula ulmaria	1	3	3
Vicia cracca s.str.	1	2	2a
Phalaris arundinacea	1	+	+
Aconitum napellus aggr.	1	+	+
Agrostis stolonifera	1		
Carex acuta	1		
Swertia perennis	1		
Cirsium rivulare	+	2	2a
Lathyrus pratensis	+	1	1
Ranunculus aconitifolius	+	1	1
Sanguisorba officinalis	+	1	1
Polygonum bistorta	+	+	+
Veratrum album s.str.	+	r	r
Cardamine pratensis	+		
Carex rostrata	+		
Deschampsia cespitosa	+		
Galium palustre	+		
Galium uliginosum	+		
Myosotis scorpioides	+		
Pedicularis palustris	+		
Poa pratensis	+		
Poa trivialis s.str.	+		
Valeriana officinalis		2	2a
Calamagrostis canescens		1	1
Angelica sylvestris		+	+
Carex acutiformis		+	1
Cirsium oleraceum		+	+
Galium mollugo s.str.		+	2a
Galeopsis tetrahit		+	+
Lolium perenne			+
Eriophorum vaginatum			+
Salix repens **H**			r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	10	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	10	0	0	100	0	0	0	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	0	0	0	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **RÉDUCTISOL STAGNIQUE leptique** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Endogleyic* Gleysol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011) **EUANMOOR *(Folic, Ombric, Gleyic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon	Analyses de laboratoire
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.	
0 – 30	**An1**	10YR 2/1	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines présentes ; vers de terre et collemboles présents ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure pâteuse, plastique, massive et collante. Transition graduelle, limite droite.	
30 – 55	**An2**	10YR 2/1	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines présentes ; vers de terre et collemboles présents ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure pâteuse, plastique, massive. Transition graduelle, limite droite.	PAF : 44.39% (MO) Corg : ~20% **Saturé (subsaturé)** V=(S/T)*100=83.82% **Texture argilo-limoneuse** (43% argiles /43% limons / 14 % sables)
55 – 60	**An – Gr**	10YR 2/1 10YR 4/1	0/4	6	Horizon de transition (organo-minéral à anmoor et minéral réductique) ; présence de fer réduit ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse, structure massive, pâteuse et collante. Transition graduelle, limite droite.	
60 – 68	**Ccag**	10YR 4/1	4/4	6	Horizon minéral calcaire ; légèrement humide ; composé surtout de cailloux et de graviers jusqu'à 3 cm). Transition et limite non observées.	

Relevé 525

Coordonnées ± 3m	502961 / 157773 (anciennes GALLANDAT, 14 août 1974) 502964 / 157770 (nouvelles RION, 31 juillet 2012) 502962 / 157771 (sol et forme d'humus RION, 16 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1036 m
Exposition / relief	168° (Sud) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	sur la rive droite de l'Orbe, en face de la tourbière de Praz-Rodet et de saules sur l'autre rive

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum succisetosum*, variante à *Swertia perennis*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum typicum*, variante à *Calamagrostis canescens*

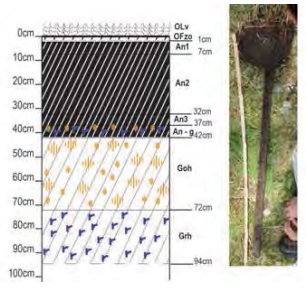
	1974 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**21**	**9**	**8**
Polygonum bistorta	3	r	
Carex nigra	3		
Hierochloe odorata	3		
Filipendula ulmaria	2	4	4
Potentilla palustris	2		
Galium uliginosum	2		
Geum rivale	2		
Caltha palustris	1	r	r
Agrostis capillaris	1		
Carex canescens	1		
Cardamine pratensis	1		
Carex rostrata	1		
Festuca rubra aggr.	1		
Lathyrus pratensis	1		
Sanguisorba officinalis	1		
Valeriana dioica	1		
Phalaris arundinacea	+	3	2b
Galium palustre	+		
Potentilla erecta	+		
Poa trivialis s.str.	+		
Viola palustris	+		
Carex acutiformis		2	2b
Cirsium oleraceum		1	1
Galium aparine		+	+
Vicia cracca s.str.		+	+
Silene dioica		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	100	0	0	0	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	0	0	0	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique, à horizons G humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic, Epigleyic* Gleysol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
EUANMOOR *(Folic, Ombric, Gleyic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+3 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 7	**An1**	10YR 2/2	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines abondantes ; sec. Texture limoneuse ; structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
7 – 32	**An2**	10YR 2/2	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines présentes ; sec. Texture limoneuse ; structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
32 – 37	**An3**	10YR 3/1	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; sec. Texture limoneuse ; structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
37 – 42	**An – g**	10YR 3/1	0/4	5	Horizon de transition (organo-minéral à anmoor et minéral rédoxique) ; présence de marbrures de fer réduit et oxydé ; légèrement humide. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
42 – 72	**Goh**	10YR 3/1	0/4	6	Horizon minéral réductique, humifère, comportant des taches homogènes de fer oxydé ; sec. Texture argilo-limoneuse, structure plastique, massive. Transition graduelle, limite droite.
72 – 94	**Grh**	10YR 4/1	0/4	6	Horizon minéral réductique, humifère, composé de fer réduit ; sec. Texture argilo-limoneuse, structure plastique, massive. Transition et limite non observées.

Relevé 526

Coordonnées ± 3m	502904 / 157747 (anciennes GALLANDAT, 15 août 1974) 502904 / 157750 (nouvelles RION, 31 juillet 2012) 502907 / 157749 (sol et forme d'humus RION, 16 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1031 m
Exposition / relief	156° (Sud-Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	sur la rive droite de l'Orbe, en face de la tourbière de Praz-Rodet et de saules sur l'autre rive ; proche du relevé 529 et de saules

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 15 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum succisetosum*, variante à *Swertia perennis*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 15 m² et 25 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum typicum*, variante à *Calamagrostis canescens*

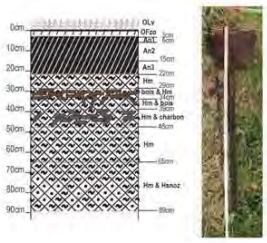
	1974 15m²	2012 15m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**23**	**6**	**9**
Filipendula ulmaria	4	2	2b
Polygonum bistorta	3	1	1
Carex nigra	2		
Galium uliginosum	2		
Geum rivale	2		
Hierochloe odorata	2		
Potentilla erecta	2		
Sanguisorba officinalis	2		
Vicia cracca s.str.	1	1	1
Agrostis capillaris	1		
Caltha palustris	1		+
Deschampsia cespitosa	1		
Festuca rubra aggr.	1		
Galium palustre	1		
Lathyrus pratensis	1		r
Succisa pratensis	1		
Valeriana dioica	1		
Viola palustris	1		
Ranunculus aconitifolius	+	2	2a
Cardamine pratensis	+		
Galium boreale	+		
Swertia perennis	+		
Crepis mollis	r		
Calamagrostis canescens		4	4
Phalaris arundinacea		+	+
Carex acutiformis			+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	15	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	15	0	0	100	0	0	0	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	0	0	0	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **HISTOSOL MÉSIQUE avec présence de charbon et de bois, calcique, eutrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Hemic* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011) **EUANMOOR *(Folic, Ombric, Garbic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+3 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 3	**OFzo**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
3 – 6	**An1**	10YR 3/1	-	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; très dense en racines ; humide Texture limono-argileuse ; structure micro à mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
6 – 15	**An2**	10YR 3/1	-	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines abondantes ; humide Texture limono-argileuse ; structure mésogrumeleuse et massive. Transition graduelle, limite droite.
15 – 22	**An3**	10YR 3/1	-	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines et quelques fibres présentes ; humide Texture limono-argileuse ; structure massive. Transition graduelle, limite droite.
22 – 29	**Hm**	10YR 3/1	5	5	Horizon histique mésique ; humide. Transition graduelle, limite droite.
29 – 34	**bois & Hm**	10YR 3/1	5	5	Horizon comportant du bois ainsi que des poches de fibres ; humide. Transition graduelle, limite droite.
34 - 39	**Hm & bois**	10YR 2/2	5	5	Horizon histique mésique comportant des poches de bouts de bois ; humide. Transition graduelle, limite droite.
39 – 48	**Hm & charbon**	10YR 2/1	6	5	Horizon histique mésique comportant des poches de charbon ; humide. Transition graduelle, limite droite.
48 – 65	**Hm**	10YR 3/2	5	5	Horizon histique mésique ; humide. Transition graduelle, limite droite.
65 – 89	**Hm & Hsnoz**	10YR 2/2	6	5	Horizon histique de juxtaposition, mésique et saprique non-zoogène ; poches de fibres ici-et-là dans l'horizon ; humide. Transition et limite non observées.

Relevé 529

Coordonnées ± 3m	502885 / 157743 (anciennes GALLANDAT, 15 août 1974) 502881 / 157744 (nouvelles RION, 27 juillet 2012) 502883 / 157748 (sol et forme d'humus RION, 16 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1034 m
Exposition / relief	310° (Sud-Est) / en légère pente vers l'Orbe, nord-ouest
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	sur la rive droite de l'Orbe, en face de la tourbière de Praz-Rodet et de saules sur l'autre rive ; proche du relevé 526 et de saules ; dans un coude de l'Orbe

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 50 m^2)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum typicum*, variante à *Calamagrostis canescens*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 50 m^2 et 25 m^2)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum typicum*, variante à *Calamagrostis canescens*

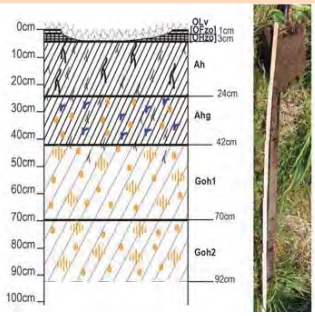
	1974 50m^2	2012 50m^2	2012 25m^2
nombre d'espèces	**13**	**8**	**7**
Filipendula ulmaria	4	2	2b
Calamagrostis canescens	3	4	4
Carex acutiformis	2		
Polygonum bistorta	1	1	1
Phalaris arundinacea	1	1	1
Vicia cracca s.str.	1	1	1
Lathyrus pratensis	1	+	+
Aconitum napellus aggr.	1		
Ranunculus aconitifolius	+	+	+
Caltha palustris	+		
Hierochloe odorata	+		
Veratrum album s.l.	+		
Valeriana officinalis	r		
Deschampsia cespitosa		+	

Relevés	surface [m^2]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	50	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	50	0	0	100	0	0	0	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	0	0	0	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDUCTISOL TYPIQUE surrédoxique, à horizons A et G humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic, Epigleyic* Gleysol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMODER à tendance HÉMITERROMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011)
Stagnic* HEMIMODER *(Drying up at the surface, Gleyic) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 3	**[OHzo]**	-	-	-	Horizon discontinu d'humification, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
3 – 24	**Ah**	10YR 3/2	0/4	5	Horizon organo-minéral humifère ; présence de vers de terres ; racines abondantes ; sec. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
24 – 42	**Ahg**	10YR 4/1	0/4	5	Horizon organo-minéral humifère, comportant quelques traces d'hydromorphie (marbrures de fer oxydé et réduit) ; présence de racines ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse et un peu massive. Transition nette, limite droite.
42 – 70	**Goh1**	10YR 4/1	0/4	5	Horizon minéral réductique, humifère, comportant du fer oxydé ; sec. Texture argilo-limoneuse, structure plastique et collante. Transition nette, limite droite.
70 – 92	**Goh2**	10YR 4/1	0/4	5	Horizon minéral réductique, humifère, comportant du fer oxydé ; contient plus de minéral et notamment des poches de sables ; sec. Texture argilo-limoneuse, structure plastique mais moins collante. Transition nette, limite droite.

Relevé 532

Coordonnées ± 3m	503041 / 157802 (anciennes GALLANDAT, 15 août 1974) 503036 / 157802 (nouvelles RION, 3 août 2012) 503033 / 157804 (sol et forme d'humus RION, 17 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1029 m
Exposition / relief	286° (Sud-Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	sur la rive gauche de l'Orbe ; proche du relevé 534 ; situé à 6 m d'un saule

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum succisetosum*, variante à *Swertia perennis*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum typicum*, variante à *Calamagrostis canescens*

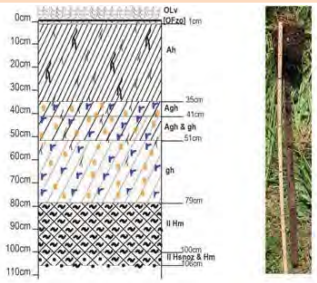
	1974 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**20**	**12**	**11**
Filipendula ulmaria	3	3	3
Hierochloe odorata	3		
Carex acutiformis	2	2	2b
Cirsium rivulare	2		
Deschampsia cespitosa	2		
Geum rivale	2		
Aconitum napellus aggr.	2		
Trollius europaeus	2		
Cirsium oleraceum	1	1	+
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Lathyrus pratensis	1	+	+
Valeriana dioica	1		
Veratrum album s.l.	1		
Angelica sylvestris	+		
Caltha palustris	+		
Cardamine pratensis	+		
Primula elatior s.str.	+		
Sanguisorba officinalis	+		
Valeriana officinalis	+		
Scrophularia nodosa	r		
Calamagrostis canescens		2	2b
Galium mollugo s.str.		2	2a
Phalaris arundinacea		2	2a
Ranunculus aconitifolius		1	1
Carex paniculata		+	+
Polygonum bistorta		+	
Urtica dioica		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	100	5	0	0	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	5	0	0	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **RÉDOXISOL à horizons A et g humifères, superposé à HISTOSOL MÉSIQUE calcique, eutrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic* Stagnosol, superposed to *Hemic* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL, superposé à HUMIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*) , superposed to HUMIMODER** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition graduelle, limite droite.
1 – 35	**Ah**	10YR 2/2	0/4	6	Horizon organo-minéral humifère ; présence de vers de terres ; sec. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
35 – 41	**Agh**	10YR 3/1	0/4	6	Horizon organo-minéral comportant des traces d'hydromorphie (marbrures de fer oxydé et réduit) et des poches de matière organique ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse et un peu collante. Transition graduelle, limite droite.
41 – 51	**Agh & gh**	10YR 3/1	0/4	6	Horizon de juxtaposition, organo-minéral et hydromophe, avec des poches d'horizon rédoxique (plus de minéral et de traces d'oxydo-réduction) ; sec. Texture limono-argileuse, structure plutôt massive et un peu collante. Transition graduelle, limite droite.
51 – 79	**gh**	10YR 3/1	0/4	6	Horizon minéral rédoxique, humifère, contenant des marbrures des fer oxydé et réduit (traces hétérogènes) ; sec. Texture limono-argileuse, structure plutôt massive et collante. Transition graduelle, limite droite.
79 – 100	**II Hm**	10YR 2/2	0/4	6	Horizon histique mésique ; quelques traces de minéral ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.
100 – 106	**II Hsnoz & Hm**	10YR 3/2	0/4	6	Horizon histique de juxtaposition, saprique non-zoogène et mésique ; poches de fibres en mosaïque dans l'horizon ; légèrement humide. Transition et limite non observées.

Relevé 534

Coordonnées ± 3m	503054 / 157889 (anciennes GALLANDAT, 16 août 1974) 503053 / 157892 (nouvelles RION, 3 août 2012) 503053 / 157895 (sol et forme d'humus RION, 17 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1034 m
Exposition / relief	112° (Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	sur la rive gauche de l'Orbe ; proche du relevé 532 ; un bosquet de saule est présent à 6 mètres du relevé, un petit bouleau est présent à 10 mètres

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum succisetosum*, variante à *Swertia perennis*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum typicum*, variante à *Calamagrostis canescens*

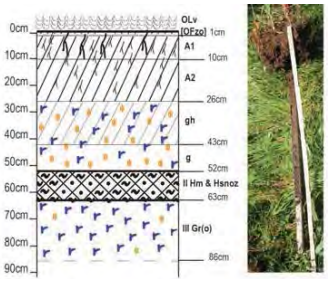
	1974 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**19**	**19**	**19**
Filipendula ulmaria	3	3	3
Carex acutiformis	2	1	1
Phalaris arundinacea	2	1	1
Hierochloe odorata	2	+	+
Aconitum napellus aggr.	2		
Deschampsia cespitosa	2		
Trollius europaeus	2		
Valeriana dioica	2		
Lathyrus pratensis	1	r	r
Cirsium rivulare	1		
Geum rivale	1		
Veratrum album s.l.	1		
Vicia cracca s.str.	1		
Polygonum bistorta	+	2	2b
Sanguisorba officinalis	+	1	1
Galium uliginosum	+	+	+
Valeriana officinalis	+	+	+
Caltha palustris	+		
Primula elatior s.str.	+		
Calamagrostis canescens		3	3
Galium mollugo		1	1
Galeopsis tetrahit		1	1
Scutellaria galericulata		1	1
Agrostis stolonifera		+	+
Galium aparine		+	+
Galium palustre		+	+
Angelica sylvestris		r	r
Betula pubescens **B**		r	r
Potentilla erecta		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	1	100	15	0	0	0
nouveau (RION)	25	0	1	100	15	0	0	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL réductique, à horizon g humifère en surface, à horizon histique** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic, Endogleyic, Histic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+4 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; très sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; très sec. Transition graduelle, limite droite.
1 – 10	**A1**	10YR 3/3	0/4	5	Horizon organo-minéral comportant beaucoup de racines ; sec. Texture limoneuse, structure microgrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
10 – 26	**A2**	10YR 3/2	0/4	5	Horizon organo-minéral avec racines ; présence d'enchytréides ; sec. Texture limono-sableuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
26 – 43	**gh**	10YR 3/2	0/4	5	Horizon minéral rédoxique, humifère, contenant des marbrures des fer oxydé et réduit (traces hétérogènes) ; présence de quelques fibres ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure massive. Transition graduelle, limite droite.
43 – 52	**g**	10YR 2/1	0/4	5	Horizon minéral rédoxique plus foncé, contenant des marbrures des fer oxydé et réduit (traces hétérogènes) ; présence de quelques fibres ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure pâteuse et collante. Transition nette, limite droite.
52 – 63	**II Hm & Hsnoz**	10YR 3/2	0/4	5	Horizon histique de juxtaposition, mésique et saprique non-zoogène ; poches de fibres non-identifiables et dégradées ; contient un peu de minéral ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
63 – 86	**III Gr(o)**	GLEY1 8/N 10YR 7/2	4/4	6	Horizon minéral réductique, avec fer réduit ; présence de quelques taches de fer oxydé ici-et-là ; légèrement humide. Texture argileuse, structure massive et collante. Transition et limite non observées.

Relevé 562

Coordonnées ± 3m	501855 / 156728 (anciennes GALLANDAT, 29 août 1974) 501861 / 156727 (nouvelles RION, 23 juillet 2012) 501865 / 156726 (sol et forme d'humus RION, 24 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1037 m
Exposition / relief	150° (Sud-Est) / très légère pente en direction de l'Orbe
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	sur la rive gauche de l'Orbe ; proche du relevé 563 et 578 ; bordure de la tourbière

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum succisetosum*, variante à *Swertia perennis*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum typicum*, variante à *Calamagrostis canescens*

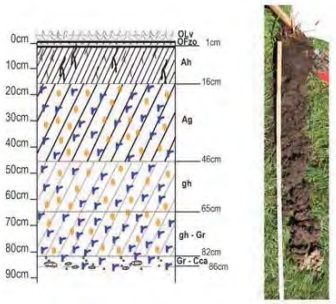
	1974 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**21**	**3**	**3**
Carex acutiformis	3	2	2b
Filipendula ulmaria	2	5	5
Lathyrus pratensis	2		
Polygonum bistorta	2		
Sanguisorba officinalis	2		
Succisa pratensis	2		
Valeriana dioica	2		
Cirsium rivulare	2		
Aconitum napellus aggr.	1	r	r
Carex davalliana	1		
Caltha palustris	1		
Dianthus superbus	1		
Galium uliginosum	1		
Geum rivale	1		
Potentilla erecta	1		
Swertia perennis	1		
Trollius europaeus	1		
Agrostis stolonifera	+		
Carex umbrosa	+		
Veratrum album s.l.	+		
Vicia cracca s.str.	+		

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	70	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	99	1	0	100	1
nouveau (RION)	25	0	0	99	1	0	100	1

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL réductique, surrédoxique, à horizons A et g humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic, Endogleyic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* DYSMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 16	**Ah**	10YR 2/1	0/4	6	Horizon organo-minéral humifère ; présence de vers de terres ; sec. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
16 – 46	**Ag**	10YR 2/1 10YR 3/4	0/4	6	Horizon organo-minéral comportant des traces d'hydromorphie (marbrures de fer oxydé et réduit) ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse Transition graduelle, limite droite.
46 – 65	**gh**	10YR 2/1 10YR 3/4	0/4	6	Horizon minéral rédoxique, humifère, contenant des marbrures des fer oxydé et réduit (traces hétérogènes) ; sec. Texture limono-argileuse, structure plutôt massive. Transition graduelle, limite droite.
65 – 82	**gh – Gr**	GLEY1 7/10Y 10YR 3/4	1/4	6	Horizon minéral de transition, avec un mélange d'horizon rédoxique humifère et réductique (fer réduit essentiellement) ; sec. Texture argilo-limoneuse, structure massive et collante. Transition graduelle, limite droite.
82 – 86	**Gr – Cca**	GLEY1 7/10Y 10YR 8/4	3/4	7	Horizon minéral de transition, avec un mélange d'horizon réductique (fer réduit) et de cailloux et graviers calcaires (<3cm); légèrement humide. Transition et limite non observées.

Relevé 563

pCoordonnées ± 3m	501822 / 156737 (anciennes GALLANDAT, 29 août 1974) 501821 / 156737 (nouvelles RION, 18 juillet 2012) 501822 / 156738 (sol et forme d'humus RION, 23 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1042 m
Exposition / relief	172° (Sud) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	sur la rive gauche de l'Orbe ; proche du relevé 562 et 578 ; bordure de la tourbière

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 15 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum succisetosum*, variante à *Swertia perennis*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 15 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum typicum*, variante à *Trollius europaeus*

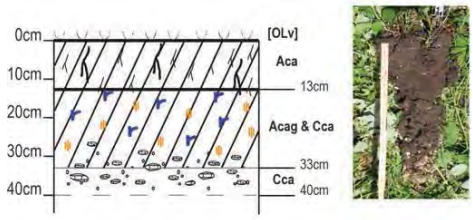
	1974 15m²	2012 15m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**27**	**23**	**23**
Carex davalliana	3		
Filipendula ulmaria	2	4	4
Succisa pratensis	2	2	2a
Cirsium rivulare	2	1	1
Potentilla erecta	2	+	+
Lathyrus pratensis	2		
Sanguisorba officinalis	1	1	1
Valeriana dioica	1	1	1
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Carex nigra	1	+	+
Geum rivale	1	+	+
Cardamine pratensis	1		
Dianthus superbus	1		
Galium uliginosum	1		
Polygonum bistorta	1		
Swertia perennis	1		
Trollius europaeus	+	2	2b
Aconitum napellus aggr.	+	+	+
Veratrum album s.l.	+	r	r
Carex flava	+		
Carex umbrosa	+		
Festuca rubra aggr.	+		
Knautia arvensis	+		
Parnassia palustris	+		
Polygala amarella	+		
Silene flos-cuculi	+		
Briza media	r		
Carex acutiformis		2	2b
Deschampsia cespitosa		2	2a
Galium mollugo s.str.		2	2a
Primula elatior s.str.		1	1
Carex flacca		1	1
Clinopodium vulgare		+	+
Silene dioica		+	+
Bromus sterilis		+	+
Angelica sylvestris		r	r
Cirsium oleraceum		r	r
Gentiana lutea		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	15	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	15	0	0	100	5	0	25	1
nouveau (RION)	25	0	0	100	5	0	25	1

Sol et forme d'humus (2013)

SOL — **RENDOSOL – RÉDOXISOL leptique** (BAIZE & GIRARD, 2009)
Rendzic Leptosol *(Calcaric)* – *Epistagnic* Stagnosol *(Calcaric)* (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS — **HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
Stagnic* MESOMULL *(Calcaric) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+1 – 0	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches (discontinu) ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
0 – 13	**Aca**	10YR 3/1	2/4	6.5	Horizon organo-minéral carbonaté, avec racines ; sec ; présence de quelques petits cailloux (≤ 3 cm) ; présence de vers de terre ; décarbonatation en cours. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
13 – 33	**Acag & Cca**	10YR 3/1	4/4	7	Horizon organo-minéral carbonaté avec poches de cailloux (≤ 5 cm) et de graviers (≤ 2 cm) calcaires ; taches d'oxydo-réduction présentes ; sec. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
33 – 40	**Cca**	10YR 8/4	4/4	8	Horizon minéral fragmenté composé de cailloux (≤ 5 cm) et de graviers (≤ 2 cm). Texture limono-argileuse. Transition et limite non observées.

Relevé 567

Coordonnées ± 3m	502659 / 157227 (anciennes GALLANDAT, 29 août 1974) 502658 / 157226 (nouvelles RION, 19 juillet 2012) 502663 / 157226 (sol et forme d'humus RION, 15 août 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1041 m
Exposition / relief	300° (Nord-Ouest) / très légère pente en direction de la tourbière
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	à l'ouest de la route de Praz-Rodet et de la ferme de la Burtignière, proche d'une tourbière et d'un pâturage à génisses ; entre deux massifs de saules

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 40 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum potentilletosum,* variante à *Carex davallianae*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 40 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae,* variante typique

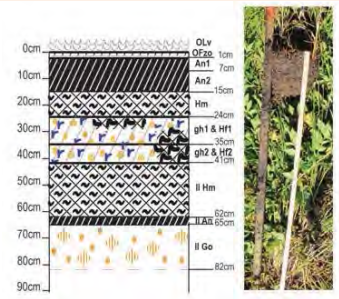
	1974 40m²	2012 40m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**45**	**15**	**8**
Carex panicea	3		
Carex paniculata	2	3	3
Filipendula ulmaria	2	3	4
Caltha palustris	2	2	2a
Carex rostrata	2	+	+
Lathyrus pratensis	2	r	
Scirpus sylvaticus	2	+	
Agrostis stolonifera	2		
Silene flos-cuculi	2		
Valeriana dioica	2		
Polygonum bistorta	1	1	1
Geum rivale	1	+	
Epilobium palustre	1	r	
Carex davalliana	1		
Carex nigra	1		
Carex flava	1		
Cirsium palustre	1		
Potentilla palustris	1		
Dianthus superbus	1		
Equisetum palustre	1		
Juncus effusus	1		
Mentha arvensis	1		
Potentilla erecta	1		
Poa trivialis s.str.	1		
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	1		
Deschampsia cespitosa	+	+	
Sanguisorba officinalis	+	+	+
Galium palustre	+	+	
Vicia cracca s.str.	+	+	+
Agrostis capillaris	+		
Anthoxanthum odoratum	+		
Angelica sylvestris	+		
Blysmus compressus	+		
Briza media	+		
Cardamine pratensis	+		
Carex leporina	+		
Festuca pratensis s.str.	+		
Galium uliginosum	+		
Luzula multiflora	+		
Myosotis scorpioides	+		
Dactylorhiza fistulosa	+		
Ranunculus aconitifolius	+		
Succisa pratensis	+		
Trifolium repens s.str.	+		
Festuca rubra aggr.	r		
Carex acuta		2	
Poa pratensis		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	40	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	40	0	0	90	0	0	0	10
nouveau (RION)	25	0	0	90	0	0	0	10

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL réductique, multi-histique, à horizons g humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Histic, Epistagnic, Endogleyic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR de surface et enfoui** (ZANELLA *et al.*, 2011)
EUANMOOR at the top and on the middle of the solum *(Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite ondulée.
1 – 7	**An1**	10YR 2/1	0/4	5.5	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines abondantes ; légèrement humide. Texture limono-argileuse ; structure micro à mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
7 – 15	**An2**	10YR 3/2	0/4	5.5	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines abondantes ; légèrement humide. Texture limono-argileuse ; structure pâteuse et un peu mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
15 – 24	**Hm**	10YR 2/1	0/4	5	Horizon histique mésique ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
24 – 35	**gh1 & Hf1**	10YR 4/3 10YR 3/2	0/4	5	Horizon de juxtaposition, avec horizon rédoxique humifère (marbrures de fer oxydé et réduit) et poches de fibres ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse, structure plastique. Transition nette, limite droite.
35 – 41	**gh2 & Hf2**	10YR 4/3 10YR 3/2 10YR 4/4	0/4	5	Horizon de juxtaposition, avec horizon rédoxique humifère (marbrures de fer oxydé et réduit) et poches de fibres ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse, structure plastique. Transition nette, limite droite.
41 – 62	**II Hm**	10YR 2/1 10YR 7/3	0/4	5	Horizon histique mésique ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
62 – 65	**II An**	10YR 3/2	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; légèrement humide. Texture limono-argileuse ; structure pâteuse et collante. Transition nette, limite droite.
65 – 82	**II Go**	GLEY1 6/10Y	0/4	5	Horizon minéral réductique, avec fer oxydé ; légèrement humide. Texture argileuse, structure plastique et collante. Transition et limite non observées.

Relevé 570

Coordonnées ± 3m	502017 / 156956 (anciennes GALLANDAT, 5 septembre 1974) 502016 / 156952 (nouvelles RION, 2 août 2012) 502017 / 156950 (sol et forme d'humus RION, 26 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1036 m
Exposition / relief	58° (Nord-Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	rive droite de l'Orbe, proche des saules ; du côté nord de la tourbière de la Burtignière ; proche des relevés 571, 572, 576 et 577

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum succisetosum*, variante à *Swertia perennis*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum typicum*, variante à *Trollius europaeus*

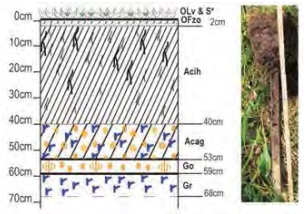
	1974 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**29**	**36**	**36**
Trollius europaeus	4	2	2b
Filipendula ulmaria	3	2	2b
Geum rivale	2	2	2a
Polygonum bistorta	2	2	2a
Sanguisorba officinalis	2	2	2b
Succisa pratensis	2	2	2a
Aconitum napellus aggr.	2	2	2a
Carex acutiformis	2		
Cirsium rivulare	1	2	2b
Carex umbrosa	1	1	1
Deschampsia cespitosa	1	1	1
Festuca rubra	1	1	1
Potentilla erecta	1	1	1
Veratrum album s.str.	1	1	1
Cardamine pratensis	1	+	+
Valeriana dioica	1	+	+
Galium uliginosum	1		
Vicia cracca s.str.	1		
Caltha palustris	+	2	2a
Cruciata laevipes	+	+	+
Galium boreale	+	+	+
Angelica sylvestris	+	+	+
Knautia arvensis	+	+	+
Agrostis capillaris	+		
Agrostis stolonifera	+		
Alchemilla vulgaris aggr.	+		
Carex davalliana	+		
Myosotis scorpioides	+		
Carex pallescens	r		
Carex elata		2	2a
Astrantia major		1	1
Galium mollugo s.str.		1	1
Lathyrus pratensis		1	1
Swertia perennis		1	1
Carex flacca		+	+
Carex nigra		+	+
Gentiana lutea		+	+
Leontodon hispidus s.str.		+	+
Primula elatior s.str.		+	+
Rumex acetosa		+	+
Thesium pyrenaicum		+	+
Veronica chamaedrys		+	+
Colchicum autumnale		r	r
Heracleum sphondylium s.str.		r	r
Dactylorhiza fistulosa		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	95	80	0	90	5
nouveau (RION)	25	0	0	95	80	0	90	5

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDUCTISOL TYPIQUE décarbonaté en surface, à horizon rédoxique, à horizon A humifère en surface** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic, Epigleyic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
Stagnic* DYSMULL *(Drying up at the surface, Gleyic) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+3 – 0	**OLv & S***	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en mosaïque avec des mousses ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 2	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.
2 – 40	**Acih**	10YR 3/2	1/4	5	Horizon organo-minéral decarbonaté et humifère ;; présence de racines ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
40 – 53	**Acag**	10YR 4/3 2.5YR 4/8 10YR 3/1	2/4	5	Horizon organo-minéral carbonaté, comportant des traces d'hydromorphie (marbrures de fer oxydé et réduit) ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
53 – 59	**Go**	10YR 8/2 10YR 8/6	4/4	6.5	Horizon minéral réductique, avec fer oxydé ; légèrement humide. Texture limono-sableuse, structure massive, Transition nette, limite droite.
59 – 68	**Gr**	10YR 8/2 GLEY1 7/10GY	4/4	7	Horizon minéral réductique, avec fer réduit et aucune tache de fer oxydé ; légèrement humide. Texture limono-sableuse, structure massive, Transition et limite non observées.

Relevé 571

Coordonnées ± 3m	502015 / 156972 (anciennes GALLANDAT, 5 septembre 1974) 502015 / 156975 (nouvelles RION, 2 août 2012) 502017 / 156978 (sol et forme d'humus RION, 26 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1032 m
Exposition / relief	245° (Sud-Ouest) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	rive droite de l'Orbe, proche des saules ; du côté nord de la tourbière de la Burtignière ; proche des relevés 570, 572, 576 et 577 ; nombreux touradons

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)
*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum succisetosum*, variante à *Juncus inflexus*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)
*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*, variante typique

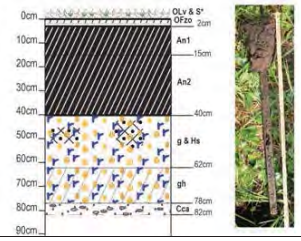
	1974 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**26**	**19**	**19**
Carex acutiformis	4		
Filipendula ulmaria	3	3	3
Caltha palustris	2	2	2a
Polygonum bistorta	2	2	2b
Sanguisorba officinalis	1	2	2b
Aconitum napellus aggr.	1	1	1
Carex rostrata	1	+	+
Galium uliginosum	1	+	+
Vicia cracca s.str.	1		
Cirsium rivulare	+	1	1
Lathyrus pratensis	+	1	1
Carex nigra	+	+	+
Angelica sylvestris	+		
Carex davalliana	+		
Carex acuta	+		
Cardamine pratensis	+		
Epilobium palustre	+		
Equisetum palustre	+		
Festuca rubra aggr.	+		
Galium boreale	+		
Geum rivale	+		
Juncus inflexus	+		
Molinia caerulea	+		
Potentilla erecta	+		
Trollius europaeus	+		
Valeriana dioica	+		
Carex elata		3	3
Carex paniculata		2	2a
Valeriana officinalis		2	2a
Galium mollugo s.str.		+	+
Galium palustre		+	+
Poa trivialis s.str.		+	+
Ranunculus aconitifolius		+	+
Scutellaria galericulata		+	+
Veratrum album s.str.		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	90	20	0	100	5
nouveau (RION)	25	0	0	90	20	0	100	5

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL leptique, à horizon g humifère, à horizon histique saprique discontinu** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic, Histic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
EUANMOOR *(Folic, Ombric)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv & S***	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en mosaïque avec des mousses ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 2	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
2 – 15	**An1**	10YR 2/1	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; présence de racines et de quelques fibres ; humide. Texture limono-argileuse ; structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
15 – 40	**An2**	10YR 2/1	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; présence de quelques fibres ; humide. Texture limono-argileuse ; structure mésogrumeleuse et pâteuse. Transition nette, limite droite.
40 – 62	**g & Hs**	10YR 3/1	0/4	5	Horizon de juxtaposition, avec un horizon rédoxique comportant des taches d'oxydo-réduction, et quelques fibres dégradées en poche ; très humide. Texture limono-argileuse ; structure massive. Transition graduelle, limite droite.
62 – 78	**gh**	10YR 4/5	0/4	5	Horizon minéral rédoxique humifère, avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; très humide. Texture limono-argileuse ; structure massive. Transition graduelle, limite droite.
78 – 82	**Cca**	10YR 7/6	4/4	6	Horizon minéral calcaire, avec des graviers et cailloux jusqu'à 5 cm de diamètre ; très humide. Transition et limite non observées.

Relevé 572

Coordonnées ± 3m	502034 / 156979 (anciennes GALLANDAT, 5 septembre 1974) 502031 / 156977 (nouvelles RION, 2 août 2012) 502035 / 156977 (sol et forme d'humus RION, 26 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1032 m
Exposition / relief	246° (Sud-Ouest) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	rive droite de l'Orbe, proche des saules ; du côté nord de la tourbière de la Burtignière ; proche des relevés 570, 571, 576 et 577 ; près d'un bosquet de saules

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 40 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum succisetosum*, variante à *Swertia perennis*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 40 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*, variante typique

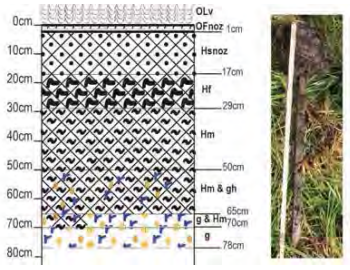
	1974 40m²	2012 40m²	2012 25m²
nombre d'espèces	15	9	9
Carex acutiformis	5		
Caltha palustris	2	2	2b
Carex paniculata	2	2	1
Carex rostrata	2	+	+
Salix cinerea	2		
Filipendula ulmaria	1	3	3
Polygonum bistorta	1	2	2a
Sanguisorba officinalis	1		
Valeriana dioica	1		
Aconitum napellus aggr.	+		
Galium palustre	+		
Galium uliginosum	+		
Swertia perennis	+		
Cirsium rivulare	r		
Potentilla erecta	r		
Carex elata		3	3
Valeriana officinalis		1	1
Epilobium palustre		+	+
Ranunculus aconitifolius		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	40	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	40	0	0	95	2	0	100	5
nouveau (RION)	25	0	0	95	2	0	100	5

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL MÉSIQUE rédoxique, à horizons saprique et fibrique en surface, calcique, eutrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Hemic, Endostagnic* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **MÉSIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011)
MESIMODER *(Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+4 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFnoz**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, non-zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 17	**Hsnoz**	10YR 2/1	8	5	Horizon histique saprique, non-zoogène ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
17 – 29	**Hf**	10YR 4/3	4	5	Horizon histique très fibreux ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
29 – 50	**Hm**	10YR 3/2	4	5	Horizon histique mésique ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
50 – 65	**Hm & gh**	10YR 4/1	6	5	Horizon de juxtaposition, avec un horizon histique mésique contenant un horizon rédoxique humifère en poche ; très humide. Texture limono-argileuse, structure massive. Transition graduelle, limite droite.
65 – 70	**g & Hm**	10YR 4/1 GLEY1 5/5GY GLEY1 3/5GY 10YR 6/2	-	6	Horizon de juxtaposition, avec un horizon rédoxique contenant un horizon histique mésique en poche ; très humide. Texture argileuse, structure massive et collante. Transition graduelle, limite droite.
70 – 78	**g**	GLEY1 5/5GY GLEY1 3/5GY 10YR 6/2	-	6	Horizon minéral rédoxique avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; très humide. Texture argileuse, structure massive et collante. Transition et limite non observées.

Relevé 576

Coordonnées ± 3m	502067 / 157065 (anciennes GALLANDAT, 5 septembre 1974) 502068 / 157062 (nouvelles RION, 2 août 2012) 502066 / 157061 (sol et forme d'humus RION, 26 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1037 m
Exposition / relief	142° (Sud-Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	rive droite de l'Orbe, du côté nord de la tourbière de la Burtignière ; proche des relevés 570, 571, 572 et 577 ; présence d'araignées

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum typicum*, variante à *Calamagrostis canescens*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum typicum*, variante à *Calamagrostis canescens*

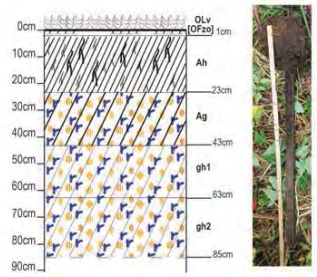
	1974 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**12**	**5**	**5**
Filipendula ulmaria	4	3	3
Carex acuta	4		
Phalaris arundinacea	2	3	3
Vicia cracca s.str.	1		
Carex acutiformis	+	1	1
Aconitum napellus aggr.	+		
Cardamine pratensis	+		
Geum rivale	+		
Primula elatior s.str.	+		
Ranunculus aconitifolius	+		
Caltha palustris	r		
Polygonum bistorta	r		
Lathyrus pratensis		+	+
Urtica dioica		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	100	0	0	100	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	0	0	100	0

Formes d'humus et sols

SOL **RÉDOXISOL à horizons A et g humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+3 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.
1 – 23	**Ah**	10YR 3/1	0/4	5	Horizon organo-minéral humifère ; racines présentes ; absence d'éléments grossiers ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
23 – 43	**Ag**	10YR 4/1	0/4	5	Horizon organo-minéral avec traces d'oxydo-réduction ; absence d'éléments grossiers ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure compacte et massive. Transition graduelle, limite droite.
43 – 63	**gh1**	10YR 5/6 + 10YR 4/2	0/4	6	Horizon minéral rédoxique, humifère, avec taches d'oxydo-réduction ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure plutôt massive. Transition graduelle, limite droite.
63 – 85	**gh2**	10YR 4/1	0/4	6	Horizon minéral rédoxique, humifère, avec taches d'oxydo-réduction ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure massive. Transition et limite non observées.

Relevé 577

Coordonnées ± 3m	502063 / 157015 (anciennes GALLANDAT, 5 septembre 1974) 502062 / 157014 (nouvelles RION, 2 août 2012) 502063 / 157013 (sol et forme d'humus RION, 26 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1034 m
Exposition / relief	294° (Nord-Ouest) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	rive droite de l'Orbe, du côté nord de la tourbière de la Burtignière ; proche des relevés 570, 571, 572 et 576 ; à 5 mètres du ruisseau

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum typicum*, variante à *Calamagrostis canescens*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum caricetosum paniculatae*, variante typique

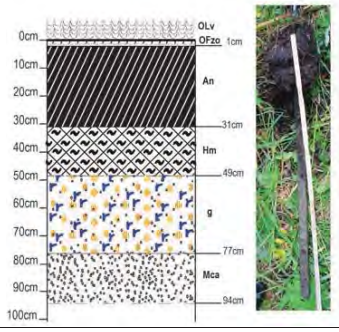
	1974 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	9	13	14
Carex acuta	5		
Caltha palustris	2	2	2a
Phalaris arundinacea	1	1	1
Carex acutiformis	+	2	2b
Filipendula ulmaria	+	2	2b
Ranunculus aconitifolius	+	1	1
Carex rostrata	+		
Epilobium palustre	+		
Valeriana dioica	+		
Valeriana officinalis		2	2a
Cirsium rivulare		1	1
Deschampsia cespitosa		1	1
Carex paniculata		+	1
Geum rivale		+	+
Lathyrus pratensis		+	+
Sanguisorba officinalis		+	+
Salix triandra **A**		r	r
Galium mollugo s.str.			+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	15	0	95	5	0	100	5
nouveau (RION)	25	15	0	95	5	0	100	5

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL leptique, à horizon histique mésique en surface** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic, Histic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
Fluvic* EUANMOOR *(Folic, Ombric) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+4 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
1 – 31	**An**	10YR 2/1	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines abondantes ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure pâteuse et compacte. Transition graduelle, limite droite.
31 – 49	**Hm**	10YR 3/3	0/4	5	Horizon histique mésique, fibreux ; présence de quelques racines ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.
49 – 77	**g**	GLEY1 6/10Y	2/4	5	Horizon minéral rédoxique, avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; présence de quelques fibres ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure massive. Transition graduelle, limite droite.
77 – 94	**Mca**	10YR 4/1	3/4	5	Horizon de substrats fragmentés, ici des dépôts de sables calcaires ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, avec beaucoup de sables, structure compacte. Transition et limite non observées.

Relevé 578

Coordonnées ± 3m	501855 / 156757 (anciennes GALLANDAT, 12 septembre 1974) 501852 / 156756 (nouvelles RION, 18 juillet 2012) 501852 / 156758 (sol et forme d'humus RION, 24 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1037 m
Exposition / relief	256° (Sud-Ouest) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	sur la rive gauche de l'Orbe ; proche du relevé 562 et 563 ; bordure de la tourbière ; entre deux bosquets d'arbres, avec un tronc en biais

Végétation (1974 et 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)
*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Calluna vulgaris*, forme sèche

VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)
*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum typicum*, variante à *Trollius europaeus*

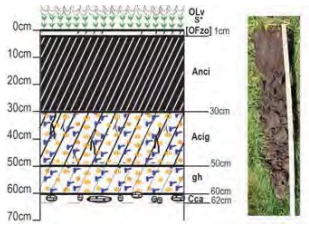
	1974 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**14**	**25**	**25**
Molinia caerulea	3	+	+
Potentilla erecta	2	+	+
Festuca ovina aggr.	2		
Nardus stricta	2		
Trichophorum cespitosum	2		
Polygonum bistorta	1	+	+
Anthoxanthum odoratum	1		
Eriophorum vaginatum	1		
Luzula multiflora	1		
Sanguisorba officinalis	+	1	1
Agrostis stolonifera	+		
Calluna vulgaris	+		
Carex nigra	+		
Vaccinium vitis-idaea	+		
Viola palustris	+		
Filipendula ulmaria		4	4
Carex acutiformis		2	2a
Silene dioica		2	2a
Cirsium rivulare		1	1
Deschampsia cespitosa		1	1
Galium mollugo s.str.		1	1
Geum rivale		1	
Myosotis scorpioides		1	1
Trollius europaeus		1	1
Valeriana dioica		1	1
Valeriana officinalis		1	1
Caltha palustris		+	+
Carex flava		+	+
Lathyrus pratensis		+	+
Poa trivialis s.str.		+	+
Primula elatior s.str.		+	+
Succisa pratensis		+	+
Aconitum napellus aggr.		r	r
Angelica sylvestris		r	r
Cirsium oleraceum		r	r
Epilobium palustre		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	80	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	85	20	0	25	15
nouveau (RION)	25	0	0	85	20	0	25	15

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizon g humifère** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011) **EUANMOOR *(Folic, Ombric)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+4.5 – 2.5	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
2.5 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 30	**Anci**	10YR 2/1	1/4	6	Horizon organo-minéral à anmoor, décarbonaté ; présence de racines ; aucun élément grossier ; sec. Texture limono-argileuse ; structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
30 – 50	**Acig**	10YR 2/1 + 10YR 6/2	1/4	6	Horizon organo-minéral avec traces d'oxydo-réduction, décarbonaté ; aucun élément grossier ; sec. Texture limono-argileuse ; structure mésogrumeleuse et massive. Transition nette, limite droite.
50 – 60	**gh**	10YR 6/2 + 10YR 5/4 + GLEY1 6/10Y	2/4	6	Horizon minéral rédoxique humifère, avec taches d'oxydo-réduction ; sec. Texture argilo-limoneuse ; structure compacte et massive. Transition nette, limite droite.
60 – 62	**Cca**	10YR 8/3	3/4	7	Horizon minéral composé de 10% de cailloux calcaires (2-5 cm) et de 90% de graviers calcaires (<2cm) ; sec. Transition et limite non observées.

Relevé 582

Coordonnées ± 3m	502121 / 156654 (anciennes GALLANDAT, 12 septembre 1974) 502120 / 156655 (nouvelles RION, 20 juin 2012) 502119 / 156654 (sol et forme d'humus RION, 15 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1041 m
Exposition / relief	320° (Nord-Ouest) / en pente vers la tourbière de la Burtignière
Pente	10°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	en bordure sud de la tourbière de la Burtignière ; proche du relevé 18_08_1988 ; petit sapin en face du relevé, nombreux touradons de *Carex paniculata* et bosquets de saules ; nombreuses souches à côté du relevé

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 15 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Caricetum davallianae / Caricetum davallianae typicum*, variante typique

VEGETATION ACTUELLE (RION, 15 m² et 25 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum succisetosum*, variante à *Swertia perennis*

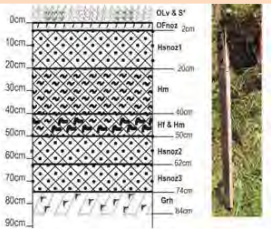
	1974 15m²	2012 15m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**24**	**31**	**33**
Carex nigra	3		
Molinia caerulea	2	2	2a
Succisa pratensis	2	1	1
Potentilla erecta	2	+	+
Carex davalliana	2		
Primula farinosa	2		
Briza media	1		
Parnassia palustris	1		
Swertia perennis	1		
Betula pubescens **B**	+	+	+
Betula pubescens **H**		+	+
Carex flava	+	+	+
Carex panicea	+		
Carex paniculata	+		
Carex echinata	+		
Pinguicula vulgaris	+		
Salix repens	+		
Scabiosa lucida	+		
Thesium pyrenaicum	+		
Viola palustris	+		
Valeriana dioica	r	2	2a
Caltha palustris	r	+	+
Eriophorum latifolium	r	+	+
Dactylorhiza fistulosa	r		
Polygala amarella	r		
Carex rostrata		4	4
Cirsium rivulare		2	2a
Filipendula ulmaria		2	2a
Centaurea montana		1	1
Cirsium palustre		1	1
Crepis paludosa		1	1
Polygonum bistorta		1	1
Aconitum neomontanum		+	+
Angelica sylvestris		+	+
Chaerophyllum villarsii		+	+
Equisetum palustre		+	+
Festuca rubra aggr.		+	+
Galium boreale		+	+
Galium mollugo s.str.		+	+
Geum rivale		+	+
Myosotis scorpioides		+	+
Primula elatior s.str.		+	+
Sanguisorba officinalis		+	+
Salix pentandra **B**		+	+
Salix pentandra **H**		+	+
Silene flos-cuculi		+	+
Trollius europaeus		+	+
Veratrum album s.l.		+	+
Vicia cracca s.str.		+	+
Ajuga reptans			+
Salix repens **H**			r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	15	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	15	0	10	95	50	0	25	1
nouveau (RION)	25	0	10	95	50	0	25	1

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **HISTOSOL SAPRIQUE réductique, à horizons mésiques et fibrique, calcique, eutrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Endogleyic* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **SAPRIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011) **SAPRIMODER *(Folic, Ombric, Garbic, Gleyic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon	Analyses de laboratoire
+4 – 0	**OLv & S***	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente, avec mousses en mosaïque ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.	
0 – 2	**OFnoz**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, non-zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.	
2 – 20	**Hsnoz1**	10YR 2/1	8	5.5	Horizon histique saprique non-zoogène ; présence de racines ; humide. Transition nette, limite droite.	PAF : 66.79% (MO)
20 – 40	**Hm**	10YR 2/1	5	5.5	Horizon histique mésique ; humide. Transition nette, limite droite.	PAF : 64.26% (MO) 28% de fibres
40 – 50	**Hf & Hm**	10YR 2/1	4	5.5	Horizon histique de juxtaposition, avec un horizon très fibreux contenant des poches de fibres plus fragmentées ; humide Transition nette, limite droite.	PAF : 57.23% (MO) 44% de fibres
50 – 62	**Hsnoz2**	10YR 2/1	8	5.5	Horizon histique saprique non-zoogène ; humide ; aspect grumeleux. Transition nette, limite droite.	PAF : 65.99% (MO)
62 – 74	**Hsnoz3**	10YR 2/1	8	5	Horizon histique saprique non-zoogène ; humide ; aspect grumeleux. Transition nette, limite droite.	PAF : 60.69% (MO)
74 - 84	**Grh**	10YR 4/1	-	5.5	Horizon minéral réductique, humifère, contenant du fer réduit ; humide. Texture argileuse, structure compacte et collante. Transition et limite non observées.	

Relevé 587

Coordonnées ± 3m	501664 / 156614 (anciennes GALLANDAT, 14 septembre 1974) 501661 / 156616 (nouvelles RION, 23 juillet 2012) 501662 / 156619 (sol et forme d'humus RION, 24 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1040 m
Exposition / relief	188° (Sud) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune (anciennement pâturé)
Repères, remarques	rive gauche de l'Orbe ; au bord du pâturage, derrière la clôture ; au nord de la forêt du Carre ; ruissellement provenant du pâturage

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 50 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum typicum*, variante à *Trollius europaeus*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 50 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum caricetosum paniculatae*, variante typique

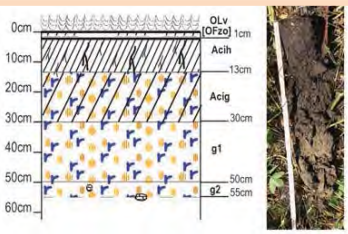
	1974 50m²	2012 50m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**24**	**12**	**9**
Filipendula ulmaria	5	5	5
Deschampsia cespitosa	2	2	2a
Primula elatior s.str.	2	+	
Leucojum vernum	2		
Silene dioica	1	1	1
Veratrum album s.l.	1	r	
Cirsium rivulare	1		
Galium boreale	1		
Geum rivale	1		
Trollius europaeus	1		
Valeriana dioica	1		
Galium mollugo s.str.	+	1	1
Vicia cracca s.str.	+	1	1
Polygonum bistorta	+	+	
Aconitum neomontanum	+	1	1
Angelica sylvestris	+		
Caltha palustris	+		
Cardamine pratensis	+		
Cruciata laevipes	+		
Dactylis glomerata	+		
Juncus effusus	+		
Sanguisorba officinalis	+		
Valeriana repens	+		
Galium palustre	r		
Carex paniculata		2	2b
Poa trivialis s.str.		1	1
Valeriana officinalis		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	50	-	-	90	-	-	-	-
nouveau (RION)	50	0	0	99	15	0	30	1
nouveau (RION)	25	0	0	99	15	0	30	1

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL surrédoxique, décarbonaté en surface, à horizon A humifère en surface** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+1 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 13	**Acih**	10YR 2/1	0/4	6	Horizon organo-minéral humifère, décarbonaté ; aucun élément grossier ; racines présentes ; sec. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
13 – 30	**Acig**	10YR 4/2	1/4	6	Horizon organo-minéral, décarbonaté, avec traces d'hydromorphie (oxydo-réduction) ; aucun élément grossier ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
30 – 50	**g1**	GLEY1 3/5GY + 10YR 5/8 + 10YR 4/1 + 10YR 6/2	1/4	6	Horizon minéral rédoxique avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; sec. Texture argilo-limoneuse, structure massive et collante. Transition graduelle, limite droite.
50 – 55	**g2**	GLEY1 3/5GY + 10YR 5/8 + 10YR 6/2	3/4	6	Horizon minéral rédoxique avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; quelques cailloux calcaires présents (< 3cm); sec. Texture argilo-limoneuse, structure massive et collante. Transition et limite non observées.

Relevé 589

Coordonnées ± 3m	502742 / 157864 (anciennes GALLANDAT, 15 septembre 1974) 502742 / 157866 (nouvelles RION, 17 juillet 2012) 502738 / 157865 (sol et forme d'humus RION, 17 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1037 m
Exposition / relief	148° (Sud-Est) / très légère pente provenant du pâturage
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	rive gauche de l'Orbe ; proche de la tourbière de Praz-Rodet, et proche du ruisseau partageant les deux tourbières de Praz-Rodet

Végétation (1974 ; 2012)

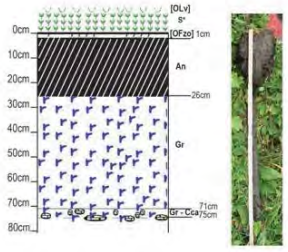
VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum succisetosum*, variante à *Juncus inflexus*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum succisetosum*, variante à *Juncus inflexus*

	1974 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**29**	**50**	**50**
Filipendula ulmaria	4	2	2a
Juncus inflexus	2	1	1
Valeriana dioica	2	+	+
Aconitum napellus aggr.	2	+	+
Caltha palustris	1	2	2a
Festuca rubra aggr.	1	2	2a
Geum rivale	1	2	2a
Polygonum bistorta	1	2	2a
Succisa pratensis	1	1	1
Cirsium palustre	1	1	1
Cirsium rivulare	1	1	1
Carex flava	1	+	+
Carex hirta	1	+	+
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Cardamine pratensis	1		
Galium palustre	1		
Myosotis scorpioides	1		
Agrostis stolonifera	+	2	2a
Carex nigra	+	2	2a
Potentilla erecta	+	2	2a
Deschampsia cespitosa	+	+	+
Sanguisorba officinalis	+	+	+
Trollius europaeus	+	+	+
Agrostis capillaris	+		
Ajuga reptans	+		
Centaurea jacea s.str.	+		
Cruciata laevipes	+		
Primula elatior s.str.	+		
Silene flos-cuculi	r	r	r
Alchemilla glabra aggr.		2	2a
Briza media		2	2a
Helictotrichon pratense		2	2a
Anthoxanthum odoratum		1	1
Carex davalliana		1	1
Carex rostrata		1	1
Dianthus superbus		1	1
Galium uliginosum		1	1
Hypericum maculatum s.str.		1	1
Lathyrus pratensis		1	1
Phleum pratense		1	1
Carex acutiformis		+	+
Carex flacca		+	+
Carex leporina		+	+
Carex echinata		+	+
Crepis paludosa		+	+
Epilobium palustre		+	+
Equisetum palustre		+	+
Eriophorum latifolium		+	+
Galium boreale		+	+
Juncus effusus		+	+
Luzula multiflora		+	+
Poa trivialis s.str.		+	+
Ranunculus acris subsp. *friesianus*		+	+
Rumex acetosa		+	+
Veronica chamaedrys		+	+
Stellaria graminea		r	r
Trifolium pratense s.str.		r	r
Dactylorhiza fistulosa		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	90	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	100	50	0	1	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	50	0	1	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL	**RÉDUCTISOL STAGNIQUE** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epigleyic* Gleysol** (WRB, 2006)
FORME D'HUMUS	**EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011) **EUANMOOR *(Folic, Ombric, Gleyic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+4 – +3	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
+3 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
1 – 26	**An**	10YR 2/1	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor; présence de racines ; aucun élément grossier ; légèrement humide. Texture limononeuse ; structure plastique et collante. Transition graduelle, limite droite.
26 – 71	**Gr**	10YR 3/1	0/4	5	Horizon minéral réductique, avec fer réduit ; légèrement humide. Texture argileuse ; structure massive et plastique. Transition graduelle, limite droite.
71 – 75	**Gr – Cca**	10YR 3/1	2/4	6	Horizon minéral de transition, avec horizon réductique et nombreux cailloux (< 3cm) et graviers calcaires ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure massive. Transition et limite non observées.

Relevé 593

Coordonnées ± 3m	502851 / 157685 (anciennes GALLANDAT, 15 septembre 1974) 502849 / 157686 (nouvelles RION, 3 août 2012) 502847 / 157686 (sol et forme d'humus RION, 17 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1035 m
Exposition / relief	310° (Nord-Ouest) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	rive gauche de l'Orbe ; proche de la tourbière de Praz-Rodet, et proche du ruisseau partageant les deux tourbières de Praz-Rodet ; en face d'un groupe de bouleaux

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 15 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum typicum*, variante à *Calamagrostis canescens*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 15 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum typicum*, variante à *Calamagrostis canescens*

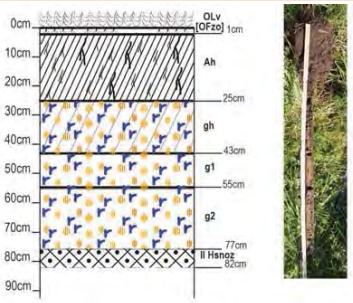
nombre d'espèces	1974 15m² **10**	2012 15m² **7**	2012 25m² **11**
Calamagrostis canescens	5	1	1
Filipendula ulmaria	2	4	4
Carex acutiformis	2	1	1
Carex acuta	1		
Caltha palustris	1		
Phalaris arundinacea	+	2	2a
Geum rivale	+		
Lathyrus pratensis	+		
Polygonum bistorta	+		
Valeriana dioica	+		
Galium mollugo s.str.		2	2a
Urtica dioica		2	2a
Silene dioica		+	1
Galium aparine			1
Aconitum napellus aggr.			r
Heracleum sphondylium s.str			r
Veratrum album s.l.			r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	15	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	15	0	0	100	0	0	80	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	0	0	80	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL à horizons A et g humifères, à horizon histique saprique de profondeur** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic, Histic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+0.5 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 25	**Ah**	10YR 3/2	0/4	6	Horizon organo-minéral humifère ; aucun élément grossier ; racines présentes ; sec. Texture limono-sableuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
25 – 43	**gh**	10YR 5/1	0/4	6	Horizon minéral rédoxique humifère, avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé et poches de matière organique ; sec. Texture limono-argileuse, structure massive et collante. Transition nette, limite droite.
43 – 55	**g1**	10YR 6/1	0/4	6	Horizon minéral rédoxique, avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; sec. Texture limono-argileuse, structure massive et collante. Transition nette, limite droite.
55 – 77	**g2**	10YR 4/1	0/4	6	Horizon minéral rédoxique, avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; très humide. Texture argileuse, structure massive et collante. Transition graduelle, limite droite.
77 – 82	**II Hsnoz**	10YR 2/2	0/4	6	Horizon histique saprique non-zoogène ; sec. Texture limono-sableuse, structure fibreuse et un peu grumeleuse. Transition et limite non observées.

Relevé 597

Coordonnées ± 3m	502649 / 157817 (anciennes GALLANDAT, 15 septembre 1974) 502651 / 157816 (nouvelles RION, 19 juillet 2012) 502647 / 157819 (sol et forme d'humus RION, 17 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1038 m
Exposition / relief	144° (Sud-Est) / en pente
Pente	12°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	proche de la tourbière de Praz-Rodet, et proche des relevés 589 et 1557 ; à l'est de la ferme de Praz-Rodet ; dans une zone clôturée du pâturage, non-accessible au bétail

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Cirsio-Juncetum Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*, variante à *Blysmus compressus*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum succisetosum*, variante à *Juncus inflexus*

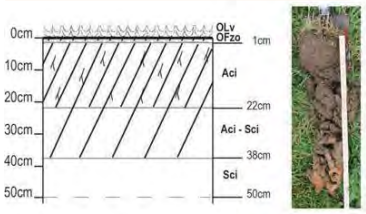
	1974 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**21**	**32**	**33**
Juncus inflexus	4	2	2a
Carex hirta	3	+	+
Agrostis stolonifera	2	2	2a
Poa pratensis	2		
Festuca rubra aggr.	1	1	1
Phleum pratense	1	+	+
Cirsium rivulare	1	+	+
Briza media	1		
Caltha palustris	1		+
Cardamine pratensis	1		
Cynosurus cristatus	1		
Festuca pratensis s.str.	+	1	1
Centaurea jacea s.str.	+	+	+
Epilobium palustre	+	+	+
Veronica chamaedrys	+	+	+
Carex nigra	+		
Epilobium hirsutum	+		
Juncus alpinoarticulatus	+		
Lotus corniculatus	+		
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	+		
Trifolium pratense s.str.	+		
Galium mollugo s.str.		3	3
Lathyrus pratensis		2	2a
Urtica dioica		2	2a
Valeriana officinalis		2	2b
Anthriscus sylvestris		1	1
Dactylis glomerata		1	1
Deschampsia cespitosa		1	1
Filipendula ulmaria		1	1
Galeopsis tetrahit		1	1
Poa trivialis s.str.		1	1
Vicia cracca s.str.		1	1
Alopecurus pratensis		+	+
Carex flacca		+	+
Cirsium eriophorum s.str.		+	+
Cruciata laevipes		+	+
Heracleum sphondylium s.str.		+	+
Rumex acetosa		+	+
Rumex crispus		+	+
Clinopodium vulgare		+	+
Epilobium obscurum		r	r
Epilobium roseum		r	r
Myosotis scorpioides		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	98	10	0	60	2
nouveau (RION)	25	0	0	98	10	0	60	2

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **CALCISOL haplique** (BAIZE & GIRARD, 2009) **Cambisol (*Hypereutric*)** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Haplic* DYSMULL** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon	Analyses de laboratoire
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; mycélium présent ; sec. Transition nette, limite droite.	
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition graduelle, limite droite.	
1 – 22	**Aci**	10YR 4/1	0/4	6	Horizon organo-minéral décarbonaté ; racines présentes ; absence d'élément grossier ; présence de vers de terre ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.	
22 – 38	**Aci – Sci**	10YR 5/2	0/4	6	Horizon de transition décarbonaté, avec horizon organo-minéral et un horizon structural ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse et polyédrique. Transition graduelle, limite droite.	
38 – 50	**Sci**	10YR 5/6	0/4	6	Horizon structural décarbonaté ; rougeâtre ; sec. Texture argileuse, structure polyédrique. Transition et limite non observées.	**Saturé (subsaturé)** V = (S/T)*100 = 85%

Relevé 1508

Coordonnées ± 3m	503153 / 157351 (anciennes GALLANDAT, 16 août 1977) 503152 / 157349 (nouvelles RION, 4 juillet 2012) 503152 / 157345 (sol et forme d'humus RION, 25 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1047 m
Exposition / relief	140° (Sud-Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	bordure sud de la tourbière de la Pisse-Vache ; proche des relevés 512 et 514 ; lisière de saules au sud

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m^2)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Festuca rubra*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m^2 et 25 m^2)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Calluna vulgaris, forme sèche*

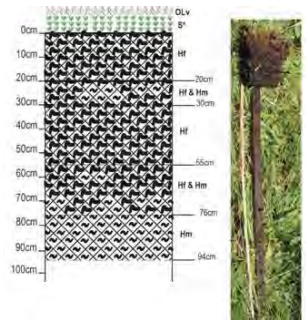
	1977 30m^2	2012 30m^2	2012 25m^2
nombre d'espèces	**26**	**18**	**18**
Potentilla erecta	3	2	2a
Eriophorum angustifolium	3	+	+
Anthoxanthum odoratum	2	1	1
Carex nigra	2	2	2a
Sanguisorba officinalis	2	+	+
Trichophorum cespitosum	2	+	+
Carex echinata	2		
Vicia cracca s.str.	2		
Viola palustris	2		
Festuca ovina aggr.	1	1	1
Succisa pratensis	1	1	1
Agrostis capillaris	1		
Lathyrus pratensis	1	+	+
Luzula multiflora	1	+	+
Carex leporina	1		
Cirsium palustre	1		
Festuca rubra aggr.	1		
Nardus stricta	1		
Polygonum bistorta	1		
Calluna vulgaris	+	2	2b
Eriophorum vaginatum	+	2	2a
Galium uliginosum	+	+	+
Briza media	+		
Carex rostrata	+		
Epilobium palustre	+		
Salix repens	+		
Molinia caerulea		2	2a
Carex lasiocarpa		+	+
Vaccinium vitis-idaea		+	+
Potentilla palustris		r	r
Betula pubescens **B**	r	r	r
Betula pubescens **H**		r	r

Relevés	surface [m^2]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	1	80	40	0	15	20
nouveau (RION)	25	0	1	80	40	0	15	20

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques, acide, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Fibric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **MÉSIHISTOMOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
MESIMOR *(Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+5 – +3	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+3 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousse important et continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 20	**Hf**	10YR 3/3	1	4	Horizon histique très fibreux ; sec. Transition nette, limite droite.
20 – 30	**Hf & Hm**	10YR 3/1	2	4	Horizon histique de juxtaposition, avec horizon très fibreux contenant des fibres plus dégradées en poche ; humide. Transition nette, limite droite.
30 – 55	**Hf**	10YR 5/6	2	4	Horizon histique très fibreux ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
55 – 76	**Hf & Hm**	10YR 3/4	3	4	Horizon histique de juxtaposition, avec horizon très fibreux contenant des fibres plus dégradées en poche ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
76 – 94	**Hm**	10YR 4/4	3	4	Horizon histique mésique ; très humide. Transition et limite non observées.

Relevé 1509

Coordonnées ± 3m	501324 / 156167 (anciennes GALLANDAT, 20 août 1977) 501321 / 156163 (nouvelles RION, 23 juillet 2012) 501318 / 156163 (sol et forme d'humus RION, 24 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1041 m
Exposition / relief	100° (Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	en-dessous de la ferme du Carre, en bas du pâturage en pente ; rive droite de l'Orbe, dans la zone protégée par la clôture ; ruissellement provenant du pâturage

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 15 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum succisetosum*, variante à *Juncus inflexus*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 15 m² et 25 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Fllipenduletum caricetosum paniculatae*, variante typique

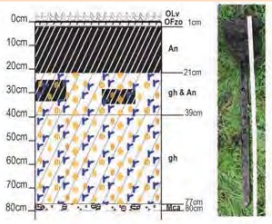
	1977 15m²	2012 15m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**27**	**19**	**26**
Juncus inflexus	4	2	2a
Filipendula ulmaria	2	3	3
Caltha palustris	2	2	2a
Aconitum neomontanum	2	1	1
Epilobium hirsutum	1	1	1
Geum rivale	1	1	1
Agrostis stolonifera	1		
Carex nigra	1		
Chaerophyllum aureum	1		
Cirsium rivulare	1		+
Cruciata laevipes	1		
Dactylis glomerata	1		
Galium palustre	1		
Lathyrus pratensis	1		
Myosotis scorpioides	1		r
Polygonum bistorta	1		+
Poa trivialis s.str.	1		
Primula elatior s.str.	1		
Silene dioica	1		
Valeriana dioica	1		
Valeriana repens	1		
Vicia cracca s.str.	+	1	1
Angelica sylvestris	+		
Cardamine pratensis	+		
Anthriscus sylvestris	+		
Rumex acetosa	+		
Sanguisorba officinalis	+		
Carex paniculata		2	2b
Deschampsia cespitosa		2	2a
Urtica dioica		2	2a
Valeriana officinalis		2	2a
Galeopsis tetrahit		1	1
Heracleum sphondylium s.str.		1	1
Juncus effusus		1	1
Polemonium caeruleum		1	1
Phalaris arundinacea		1	1
Agropyron caninum		+	+
Galium aparine		+	
Ranunculus aconitifolius		+	+
Alopecurus pratensis			+
Carex hirta			+
Chaerophyllum hirsutum			+
Galium aparine			+
Galium mollugo s.str.			+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	15	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	15	0	0	100	1	0	95	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	1	0	95	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **RÉDOXISOL à horizons g humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009) ; ***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011) ; **EUANMOOR *(Folic, Ombric)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition graduelle, limite droite.
1 – 21	**An**	10YR 2/1	0/4	6	Horizon organo-minéral à anmoor ; présence de racines ; aucun élément grossier ; présence d'enchytréides ; humide. Texture limono-argileuse ; structure pâteuse. Transition graduelle, limite droite.
21 – 39	**gh & An**	10YR 2/1	0/4	6	Horizon de juxtaposition, avec un horizon rédoxique (avec taches d'oxydo-réduction), contenant un horizon organo-minéral à anmoor en poches ; très humide. Texture limono-argileuse ; structure pâteuse. Transition graduelle, limite droite.
39 – 77	**gh**	10YR 4/1 GLEY1 4/10GY	1/4	6	Horizon minéral rédoxique humifère, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé, et contenant de la matière organique en poche ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure massive. Transition graduelle, limite droite.
77 – 80	**Mca**	GLEY1 4/10GY WHITE2.5Y 8/2	4/4	8	Horizon de substrats fragmentés, contenant des cailloux et des graviers ; légèrement humide. Texture argileuse, structure compacte. Transition et limite non observées.

Relevé 1510

Coordonnées ± 3m	501494 / 156890 (anciennes GALLANDAT, 20 août 1977) 501493 / 156890 (nouvelles RION, 7 août 2012) 501497 / 156892 (sol et forme d'humus RION, 24 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1106 m
Exposition / relief	316° (Nord-Ouest) / en légère pente depuis la forêt
Pente	2°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Combe des Mines », au-dessus de la Burtignière ; dans une zone de clairière ; proche des relevés 1511, 1512 et 1513

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 50 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Chaerophylletum / Aconito-Chaerophylletum*, variante à *Cirsium oleraceum*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 50 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Chaerophylletum / Aconito-Chaerophylletum*, variante à *Cirsium oleraceum*

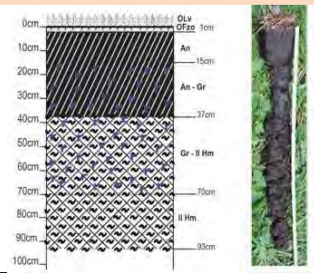
	1977 50m²	2012 50m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**28**	**29**	**20**
Chaerophyllum hirsutum	4	2	2a
Scirpus sylvaticus	3	4	4
Aconitum neomontanum	2	2	2a
Caltha palustris	2	2	2a
Cirsium rivulare	2	2	2b
Polygonum bistorta	2	2	2a
Crepis paludosa	2	1	1
Veratrum album s.l.	2	1	1
Cardamine pratensis	2		
Cirsium oleraceum	2		
Filipendula ulmaria	1	2	2b
Trollius europaeus	1	2	2a
Geum rivale	1	1	1
Equisetum sylvaticum	1	+	
Juncus effusus	1	+	
Vicia cracca s.str.	1	r	
Ajuga reptans	1		
Deschampsia cespitosa	1		
Geranium sylvaticum	+	2	2a
Galium palustre	+	+	
Primula elatior s.str.	+	+	+
Carex acuta	+		
Carex sylvatica	+		
Galium uliginosum	+		
Hypericum maculatum s.str.	+		
Knautia dipsacifolia s.str.	+		
Stellaria alsine	+		
Valeriana dioica	+		
Ranunculus aconitifolius		2	2a
Silene dioica		2	2a
Molinia caerulea		1	1
Silene flos-cuculi		1	
Alchemilla vulgaris aggr.		+	
Astrantia major		+	+
Athyrium filix-femina		+	
Carex paniculata		+	
Epilobium parviflorum		+	
Leontodon hispidus s.str.		+	+
Potentilla erecta		+	+
Succisa pratensis		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	50	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	50	0	0	100	5	0	15	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	5	0	15	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDUCTISOL TYPIQUE superposé à HISTOSOL MÉSIQUE calcique, eutrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epigleyic* Gleysol superposed to *Hemic* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR superposé à HUMIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011)
EUANMOOR *(Folic, Gleyic)* superposed to HUMIMODER *(Folic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+3 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
1 – 15	**An**	10YR 3/1	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines abondantes ; aucun élément grossier ; présence de vers de terre ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure pâteuse. Transition graduelle, limite droite.
15 – 37	**An – Gr**	GLEY2 3/10BG	0/4	5	Horizon de transition, avec horizon organo-minéral à anmoor et horizon réductique ; présence de fer réduit ; présence de quelques bout de bois et de racines ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure pâteuse. Transition graduelle, limite droite.
37 – 70	**Gr – II Hm**	GLEY2 3/10BG 10YR 3/1	0/4	5	Horizon de transition, avec horizon réductique et horizon histique mésique ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure pâteuse. Transition graduelle, limite droite.
70 – 93	**II Hm**	10YR 3/2	0/4	7	Horizon histique mésique ; légèrement humide. Transition et limite non observées.

Relevé 1511

Coordonnées ± 3m	501493 / 156878 (anciennes GALLANDAT, 20 août 1977) 501491 / 156876 (nouvelles RION, 7 août 2012) 501492 / 156874 (sol et forme d'humus RION, 24 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1106 m
Exposition / relief	324° (Nord-Ouest) / en légère pente depuis la forêt
Pente	2°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Combe des Mines », au-dessus de la Burtignière ; dans une zone de clairière ; proche des relevés 1510, 1512 et 1513 ; proche de la forêt ; tronc d'arbre couché sur le sol au-dessous

Végétation (1977 ; 2012)

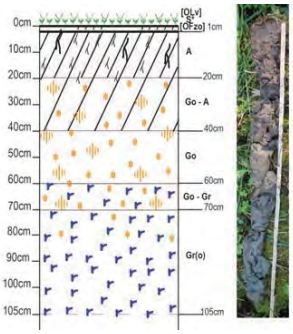
VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Chaerophylletum / Aconito-Chaerophylletum*, variante à *Cirsium oleraceum*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Chaerophylletum / Aconito-Chaerophylletum*, variante à *Cirsium oleraceum*

	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**26**	**18**	**20**
Chaerophyllum hirsutum	5	2	2b
Polygonum bistorta	2	2	2b
Crepis paludosa	2	1	1
Cardamine pratensis	2		
Equisetum sylvaticum	1	+	1
Oxalis acetosella	1		
Filipendula ulmaria	+	2	2b
Geranium sylvaticum	+	2	2b
Ranunculus aconitifolius	+	2	2b
Geum rivale	+	1	1
Athyrium filix-femina	+	+	1
Ajuga reptans	+		
Deschampsia cespitosa	+		
Knautia dipsacifolia s.str.	+		
Lonicera nigra	+		
Paris quadrifolia	+		
Rubus idaeus	+		
Salix caprea	+		
Stellaria nemorum s.str.	+		
Primula elatior s.str.	r	1	1
Veratrum album s.l.	r	1	1
Carex sylvatica	r	+	+
Alchemilla vulgaris aggr.	r		
Galeopsis tetrahit	r		
Lamium galeobdolon s.str.	r		
Valeriana officinalis	r		r
Scirpus sylvaticus		3	3
Juncus effusus		2	2a
Cirsium rivulare		1	1
Silene dioica		1	1
Epilobium parviflorum		+	+
Leontodon hispidus s.str.		+	+
Picea abies **H**			r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	100	35	0	15	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	35	0	15	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL	**RÉDUCTISOL TYPIQUE** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epigleyic* Gleysol** (WRB, 2006)
FORME D'HUMUS	**HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic* OLIGOMULL *(Drying up at the surface, Gleyic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – +1	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poche ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
+2 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
1 – 20	**A**	10YR 4/2	0/4	5	Horizon organo-minéral ; racines abondantes ; présence de vers de terre ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse, structure très compacte. Transition graduelle, limite droite.
20 – 40	**Go – A**	GLEY1 5/10Y 10YR 6/8	0/4	5	Horizon de transition, avec mélange d'horizon réductique et organo-minéral ; taches de fer oxydé ; légèrement humide. Texture argileuse, structure massive et collante. Transition graduelle, limite droite.
40 – 60	**Go**	GLEY1 5/10Y	0/4	5	Horizon minéral réductique avec fer oxydé ; légèrement humide. Texture argileuse, structure massive et collante. Transition graduelle, limite droite.
60 – 70	**Go – Gr**	GLEY7/5B	0/4	5	Horizon minéral réductique de transition, avec mélange de fer oxydé et de fer réduit (homogène dans le mélange) ; présence de bois décomposé ; légèrement humide. Texture argileuse, structure massive et collante. Transition graduelle, limite droite.
70 – 105	**Gr(o)**	GLEY7/5B 10YR 6/8	0/4	5	Horizon minéral réductique, composé de fer réduit, mais comportant quelques taches de fer oxydé ; présence de bois décomposé ; légèrement humide. Texture argileuse, structure massive et collante. Transition et limite non observées.

Relevé 1512

Coordonnées ± 3m	501525 / 156936 (anciennes GALLANDAT, 20 août 1977) 501525 / 156941 (nouvelles RION, 7 août 2012) 501527 / 156941 (sol et forme d'humus RION, 24 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1120 m
Exposition / relief	286° (Nord-Ouest) / en légère pente depuis la forêt
Pente	2°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Combe des Mines », au-dessus de la Burtignière ; dans une zone de clairière ; proche des relevés 1510, 1511 et 1513 ; proche de la tourbière ; nombreux bouts de bois mort au sol ; mousses abondantes au sol dans le relevé

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²) — *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Chaerophylletum / Aconito-Chaerophylletum*, variante typique

VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²) — *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Chaerophylletum / Aconito-Chaerophylletum*, variante typique

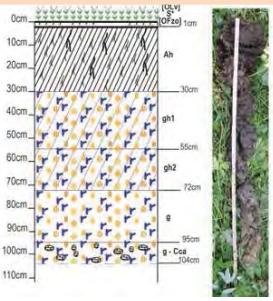
	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**29**	**22**	**22**
Scirpus sylvaticus	4	2	2a
Filipendula ulmaria	2	2	2b
Geum rivale	2	2	2a
Veratrum album s.l.	2	2	2a
Crepis paludosa	2	1	1
Polygonum bistorta	2	1	1
Caltha palustris	2		
Cirsium rivulare	1	2	2b
Deschampsia cespitosa	1	1	1
Trollius europaeus	1	1	1
Equisetum sylvaticum	1	+	+
Ajuga reptans	1		
Cardamine pratensis	1		
Potentilla erecta	1		
Ranunculus aconitifolius	1		
Valeriana dioica	1		
Chaerophyllum hirsutum	+	3	3
Silene dioica	+	1	1
Aconitum neomontanum	+	+	+
Vicia cracca s.str.	+	+	+
Agrostis stolonifera	+		
Alchemilla vulgaris aggr.	+		
Carex paniculata	+		
Carex hirta	+		
Epilobium alpestre	+		
Galium uliginosum	+		
Juncus effusus	+		
Poa trivialis s.str.	+		
Silene flos-cuculi	+		
Carex sylvatica		2	2a
Geranium sylvaticum		1	1
Leontodon hispidus s.str.		1	1
Primula elatior s.str.		1	1
Astrantia major		+	+
Galeopsis tetrahit		+	+
Succisa pratensis		+	+
Daphne laureola		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	95	100	0	30	5
nouveau (RION)	25	0	0	95	100	0	30	5

Sol et forme d'humus (2013)

SOL — **RÉDOXISOL à horizons A et g humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS — **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+3 – 2	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poche ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+2 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousse continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 30	**Ah**	10YR 3/1	0/4	5	Horizon organo-minéral humifère ; racines abondantes ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse et un peu compacte. Transition graduelle, limite droite.
30 – 55	**gh1**	10YR 4/1 + GLEY1 5/10Y	0/4	5	Horizon minéral rédoxique humifère, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé, et contenant de la matière organique en poche ; légèrement humide. Texture argileuse ; structure massive. Transition graduelle, limite droite.
55 – 72	**gh2**	10YR 4/1 + GLEY1 5/10Y	0/4	5	Horizon minéral rédoxique humifère, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé, et contenant de la matière organique en poche ; très humide. Texture argileuse ; structure massive. Transition graduelle, limite droite.
72 – 95	**g**	10YR 6/8 + GLEY1 5/10Y	0/4	5	Horizon minéral rédoxique avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; très humide. Texture argileuse ; structure massive. Transition graduelle, limite droite.
95 – 104	**g – Cca**	GLEY1 5/10Y + 10YR 8/2	1/4	5	Horizon minéral de transition, avec mélange d'horizon rédoxique et de cailloux de 1 cm et de graviers calcaires ; très humide. Texture argileuse ; structure massive. Transition et limite non observées.

Relevé 1513

Coordonnées ± 3m	501529 / 156948 (anciennes GALLANDAT, 20 août 1977) 501532 / 156943 (nouvelles RION, 7 août 2012) 501534 / 156940 (sol et forme d'humus RION, 24 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1117 m
Exposition / relief	292° (Nord-Ouest) / en légère pente depuis la forêt
Pente	2°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Combe des Mines », au-dessus de la Burtignière ; dans une zone de clairière ; proche des relevés 1510, 1511 et 1512 ; en bordure de saules ; champignons dans le relevé

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Chaerophylletum / Aconito-Chaerophylletum*, variante typique
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Chaerophylletum / Aconito-Chaerophylletum*, variante typique

	1977 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**25**	**26**	**24**
Chaerophyllum hirsutum	4	3	3
Filipendula ulmaria	2	3	3
Carex sylvatica	2	2	2b
Cirsium rivulare	2	2	2a
Geum rivale	2	2	2b
Primula elatior s.str.	2	2	1
Veratrum album s.l.	2	2	1
Deschampsia cespitosa	2	1	+
Trollius europaeus	2	1	1
Hypericum maculatum s.str.	2		
Polygonum bistorta	1	2	2a
Crepis paludosa	1	1	1
Equisetum sylvaticum	1	1	1
Sanguisorba officinalis	1	+	
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Cardamine pratensis	1		
Cruciata laevipes	1		
Knautia dipsacifolia s.str.	1		
Juncus effusus	+	1	1
Silene dioica	+	1	1
Cirsium palustre	+		
Dactylis glomerata	+		
Epilobium alpestre	+		
Gentiana lutea	+		
Alchemilla vulgaris aggr.	r		

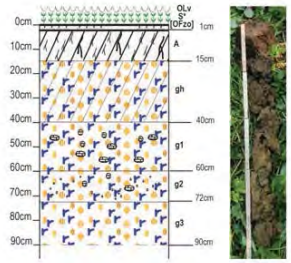
Scirpus sylvaticus		2	2a
Aconitum neomontanum		1	1
Succisa pratensis		1	+
Astrantia major		+	+
Galeopsis tetrahit		+	+
Geranium sylvaticum		+	
Leontodon hispidus s.str.		+	+
Rubus idaeus		+	+
Dactylorhiza fistulosa		r	r
Rumex acetosa		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	98	30	0	3	2
nouveau (RION)	25	0	0	98	30	0	3	2

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL surrédoxique, à horizon g humifère** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+3 – 2	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+2 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousse continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; présence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 15	**A**	10YR 4/3	0/4	5	Horizon organo-minéral ; racines abondantes ; sec. Texture argilo-limoneuse, structure compacte à mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
15 – 40	**gh**	10YR 5/3 + 10YR 6/8 + 10YR 6/1	0/4	5	Horizon minéral rédoxique humifère, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé, et contenant de la matière organique en poche ; sec. Texture argilo-limoneuse ; structure massive. Transition graduelle, limite droite.
40 – 60	**g1**	10YR 8/4 + 10YR 6/1 + 10 YR 6/8	1/4	5	Horizon minéral rédoxique avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; présence de cailloux de 1 cm (20%) ; sec. Texture argileuse ; structure massive. Transition graduelle, limite droite.
60 – 72	**g2**	GLEY1 6/10GY + 10YR 8/4 + 10YR 6/1	2/4	5	Horizon minéral rédoxique avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; présence de quelques cailloux de 1 cm (5%) et de poches de sables verts ; sec. Texture argileuse ; structure massive. Transition graduelle, limite droite.
72 – 90	**g3**	GLEY1 5G 6/2 + 10YR 6/8 + 10YR 6/1	3/4	5	Horizon minéral rédoxique avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; sec. Texture argileuse ; structure massive. Transition et limite non observées.

Relevé 1514

Coordonnées ± 3m	501785 / 157140 (anciennes GALLANDAT, 20 août 1977) 501784 / 157140 (nouvelles RION, 29 juin 2012) 501784 / 157137 (sol et forme d'humus RION, 24 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1058 m
Exposition / relief	110° (Sud-Est) / en légère pente depuis la forêt
Pente	5°
Utilisation humaine	pâturé
Repères, remarques	au bord du chemin reliant Praz-Rodet à la tourbière du Carre, dans le pâturage et dans un virage ; au nord de la tourbière de la Burtignière ; suintement dans le relevé et petit ruisseau provenant du haut de la pente et arrivant ensuite dans la fontaine au bord du chemin ; gros trous dans le relevé, piétiné par les vaches

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 10 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Caricetum davallianae / Caricetum davallianae typicum*, variante typique
VEGETATION ACTUELLE (RION, 10 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum succisetosum*, variante à *Juncus inflexus*

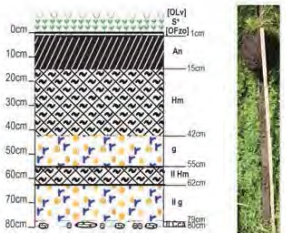
	1977 10m²	2012 10m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**15**	**36**	**40**
Primula farinosa	3		
Carex davalliana	1		
Carex panicea	2	1	1
Juncus effusus	2		
Pinguicula vulgaris	2		
Tussilago farfara	2		
Potentilla erecta	1	+	+
Centaurea jacea s.str.	1		
Cirsium acaule	1		
Parnassia palustris	1		
Valeriana dioica	+	1	1
Briza media	+		1
Eriophorum latifolium	+		
Leontodon hispidus s.str.	+		
Thesium pyrenaicum	+		
Carex paniculata		3	3
Filipendula ulmaria		3	3
Agrostis canina		2	2a
Carex acuta		2	2a
Chaerophyllum villarsii		2	2b
Juncus inflexus		2	2a
Anthoxanthum odoratum		1	1
Caltha palustris		1	2a
Carex nigra		1	1
Cirsium rivulare		1	1
Crepis paludosa		1	1
Myosotis sylvatica		1	1
Polygonum bistorta		1	1
Poa pratensis		1	1
Prunella vulgaris		1	1
Scirpus sylvaticus		1	1
Carex flacca		+	+
Carex flava		+	+
Carex hirta		+	+
Cirsium palustre		+	+
Cruciata laevipes		+	+
Dactylis glomerata		+	1
Galium mollugo s.str.		+	+
Geum rivale		+	+
Lotus corniculatus		+	+
Mentha spicata		+	1
Phleum pratense		+	+
Ranunculus acris subsp. *friesianus*		+	+
Rumex acetosa		+	+
Silene flos-cuculi		+	+
Veronica chamaedrys		+	+
Vicia cracca s.str.		+	+
Dactylorhiza fistulosa		r	r
Juncus alpinoarticulatus			+
Veronico beccabunga			+
Silene vulgaris			1

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	10	-	-	90	-	-	-	-
nouveau (RION)	10	0	0	95	25	0	3	5
nouveau (RION)	25	0	0	95	25	0	3	5

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL multi-fluvique, à horizons mésiques** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic, Histic, Fluvic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
EUANMOOR *(Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+3 – 2	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poche ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+2 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 15	**An**	10YR 3/2	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines abondantes ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
15 – 42	**Hm**	10YR 2/2	0/4	5	Horizon histique mésique ; aspect limoneux ; sec. Transition graduelle, limite droite.
42 – 55	**g**	10YR 5/1 + GLEY1 5/10Y	1/4	6	Horizon minéral rédoxique avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; sec Texture limono-argileuse ; structure massive. Transition nette, limite droite.
55 – 62	**II Hm**	10YR 3/3	0/4	5	Horizon histique mésique ; aspect limoneux ; sec. Transition nette, limite droite.
62 – 79	**II g**	10YR 3/1	1/4	5	Horizon minéral rédoxique avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; présence de fibres ; sec Texture argilo-limoneuse ; structure massive. Transition diffuse, limite droite.
79 – 80	**II Cca**	WHITE2.5Y 8/2	3/4	6	Horizon minéral composé de cailloux calcaires ; sec. Texture sablo-limoneuse. Transition et limite non observées.

Relevé 1556

Coordonnées ± 3m	502836 / 157706 (anciennes GALLANDAT, 25 août 1977) 502834 / 157708 (nouvelles RION, 15 juin 2012) 502834 / 157710 (sol et forme d'humus RION, 17 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1036 m
Exposition / relief	190° (Sud) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	dans la zone de la tourbière de Praz-Rodet, sur la rive gauche de l'Orbe ; au sud et en bordure de la tourbière, proche du ruisseau séparant les deux tourbières, et au bord de l'Orbe ; des bouleaux sont présents, formant une ceinture ; quelques petites buttes présentes

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Calluna vulgaris*, forme humide à *Vaccinium oxycoccos*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Calluna vulgaris*, forme humide à *Vaccinium oxycoccos*

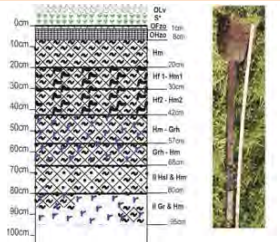
	1977 20m²	2012 20m²		2012 25m²
nombre d'espèces	**25**	**14**		**15**
Molinia caerulea	2	2		2b
Potentilla erecta	2	2		2a
Carex nigra	2	1		1
Trichophorum cespitosum	2	+		+
Carex echinata	2			
Eriophorum angustifolium	2			
Festuca ovina aggr.	2			
Nardus stricta	2			
Calluna vulgaris	1	2		2a
Anthoxanthum odoratum	1	1		1
Eriophorum vaginatum	1	1		1
Betula pubescens **B**	1	+		
Betula pubescens **H**			+	+
Agrostis capillaris	1			
Carex rostrata	1			
Potentilla palustris	1			
Hieracium lactucella	1			
Vaccinium oxycoccos	1			
Succisa pratensis	1			
Viola palustris	1			
Vaccinium uliginosum	+	2		2a
Lathyrus pratensis	+	+		+
Luzula campestris	+	+		+
Pedicularis palustris	+			
Sanguisorba officinalis	+			
Salix purpurea	+			
Carex lasiocarpa			+	+
Cirsium palustre			+	+
Melampyrum sylvaticum			+	+
Galium uliginosum				+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	60	100	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	75	90	0	80	0
nouveau (RION)	25	0	0	75	90	0	80	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **HISTOSOL MÉSIQUE acide, oligotrophe, superposé à RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Hemic* Histosol superposed to *Epigleyic, Histic* Gleysol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **DYSTERROMODER superposé à FIBRIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011) **DYSMODER *(Folic, Ombric)* superposed to FIBRIMODER *(Folic,Gleyic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+4 – +2	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
+2 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.
1 – 8	**OHzo**	10YR 4/4	0/4	5	Horizon d'humification continu, zoogène ; racines abondantes ; présence de fourmis ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.
8 – 20	**Hm**	10YR 3/2	0/4	4	Horizon histique mésique ; présence de racines ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
20 – 30	**Hf1 – Hm1**	10YR 3/2	0/4	5	Horizon histique de transition, avec un mélange d'horizon très fibreux et d'horizons à fibres plus décomposées ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
30 – 42	**Hf2 – Hm2**	10YR 3/2	0/4	5	Horizon histique de transition, avec un mélange d'horizon très fibreux et d'horizons à fibres plus décomposées ; humide. Transition nette, limite droite.
42 – 57	**Hm – Grh**	10YR 3/1	0/4	5	Horizon de transition, avec un mélange d'horizon réductique humifère et de fibres ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse, structure collante. Transition nette, limite droite.
57 – 68	**Grh – Hm**	10YR 3/1	0/4	5	Horizon de transition, avec un mélange d'horizon réductique humifère et de fibres ; légèrement humide. Texture argileuse, structure plastique et collante. Transition nette, limite droite.
68 – 80	**II Hsl & Hm**	10YR 2/1	0/4	5	Horizon histique de juxtaposition, avec un horizon histique limique, composé de fibres en poche ; beaucoup de limons ; légèrement humide.
80 – 95	**II Gr & Hm**	GLEY1 5/10Y	0/4	5	Horizon de juxtaposition, avec un horizon réductique composé de fibres en poches ; beaucoup de sables ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse, structure plastique et collante. Transition et limite non observées.

Relevé 1557

Coordonnées ± 3m	502726 / 157846 (anciennes GALLANDAT, 25 août 1977) 502726 / 157842 (nouvelles RION, 20 juin 2012) 502725 / 157840 (sol et forme d'humus RION, 17 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1037 m
Exposition / relief	330° (Nord-Ouest) / légère pente ; dans une petite cuvette
Pente	2°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	dans la zone de la tourbière de Praz-Rodet, sur la rive gauche de l'Orbe ; au nord de la tourbière de Praz-Rodet ; proche du ruisseau séparant les deux tourbières ; proche du relevé 589 ; en face d'un grand bouleau et d'un petit pin ; présence de bouleaux aux alentours ; relevé très humide

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum succisetosum*, variante à *Swertia perennis*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** /* Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*

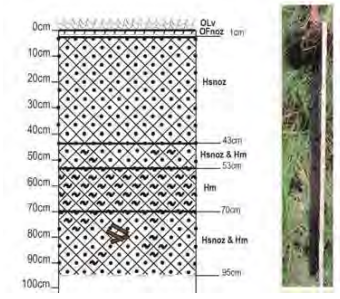
	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**33**	**31**	**31**
Carex acutiformis	3	+	+
Carex davalliana	2	2	2a
Trollius europaeus	2	1	1
Caltha palustris	2	+	+
Carex umbrosa	2	+	+
Sanguisorba officinalis	2	+	+
Swertia perennis	2	+	+
Succisa pratensis	1	2	2a
Potentilla erecta	1	1	1
Briza media	1	+	+
Carex panicea	1	+	+
Cirsium rivulare	1	+	+
Dianthus superbus	1	+	+
Geum rivale	1	+	+
Luzula multiflora	1	+	+
Primula elatior s.str.	1	+	+
Primula farinosa	1	+	+
Agrostis stolonifera	1		
Carex pulicaris	1		
Festuca ovina aggr.	1		
Festuca rubra aggr.	1		
Galium boreale	1		
Leontodon hispidus s.str.	1		
Polygonum bistorta	1		
Vicia cracca s.str.	1		
Equisetum palustre	+	+	+
Galium uliginosum	+	+	+
Lathyrus pratensis	+	+	+
Parnassia palustris	+	+	+
Deschampsia cespitosa	+		
Filipendula ulmaria	+		
Phyteuma orbiculare	+		
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	+		
Carex rostrata		2	2a
Betula pubescens **B**		1	1
Betula pubescens **H**		+	+
Carex acuta		1	1
Carex nigra		1	1
Eriophorum angustifolium		1	1
Molinia caerulea		1	1
Anthoxanthum odoratum		+	+
Carex flacca		+	+
Valeriana dioica		+	+
Dactylorhiza fistulosa		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	3	45	15	0	70	0
nouveau (RION)	25	0	3	45	15	0	70	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL SAPRIQUE à horizons mésiques, calcique, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Sapric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **SAPRIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011)
SAPRIMODER (*Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFnoz**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, non-zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 43	**Hsnoz**	10YR 2/1	8	5	Horizon histique saprique, non-zoogène ; présence de racines ; humide. Transition nette, limite droite.
43 – 53	**Hsnoz & Hm**	10YR 2/2	5	5	Horizon histique de juxtaposition, avec un horizon histique saprique non-zoogène, comportant des fibres en poche ; humide. Transition nette, limite droite.
53 – 70	**Hm**	10YR 3/4	3	5	Horizon histique mésique ; humide. Transition nette, limite droite.
70 – 95	**Hsnoz & Hm**	10YR 2/1	6	5	Horizon histique de juxtaposition, avec un horizon histique saprique non-zoogène, comportant des fibres en poche ; bout de bois présent ; humide. Transition et limite non observées.

Relevé 1559

Coordonnées ± 3m	502818 / 157962 (anciennes GALLANDAT, 25 août 1977) 502814 / 157961 (nouvelles RION, 6 août 2012) 502812 / 157959 (sol et forme d'humus RION, 17 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1039 m
Exposition / relief	135° (Sud-Est) / pente assez importante dans le pâturage
Pente	10°
Utilisation humaine	pâturé
Repères, remarques	dans la zone de pâturage au nord de la tourbière de Praz-Rodet ; proche du chemin reliant le village du Brassus à la ferme de Praz-Rodet ; sentes de vaches au-dessus et en-dessous du relevé ; eau présente dans le relevé provenant de ruissellement du pâturage ; caillou calcaire présent dans le relevé

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** /* Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpinoarticulatus*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum succisetosum*, variante à *Juncus inflexus*

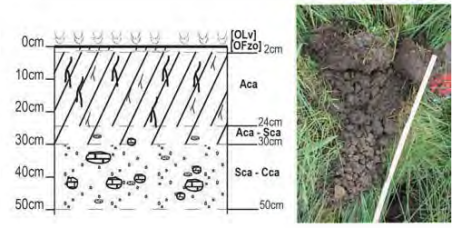
	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**4**	**38**	**38**
Carex rostrata	2		
Glyceria notata	2		
Juncus articulatus	1	+	+
Caltha palustris	+	+	+
Juncus inflexus		3	3
Cirsium palustre		2	2b
Epilobium parviflorum		2	2a
Festuca pratensis s.str.		2	2a
Festuca rubra aggr.		2	2a
Filipendula ulmaria		2	2b
Phleum pratense		2	2a
Vicia cracca s.str.		2	2a
Agrostis stolonifera		1	1
Alchemilla vulgaris aggr.		1	1
Anthoxanthum odoratum		1	1
Briza media		1	1
Carex flacca		1	1
Carex paniculata		1	1
Carex hirta		1	1
Dactylis glomerata		1	1
Galium mollugo s.str.		1	1
Lathyrus pratensis		1	1
Myosotis scorpioides		1	1
Poa trivialis s.str.		1	1
Ranunculus acris subsp. *friesianus*		1	1
Ranunculus repens		1	1
Trifolium repens s.str.		1	1
Valeriana officinalis		1	1
Veronica beccabunga		1	1
Deschampsia cespitosa		+	+
Galium uliginosum		+	+
Geum rivale		+	+
Lotus corniculatus		+	+
Potentilla erecta		+	+
Primula elatior s.str.		+	+
Rumex crispus		+	+
Taraxacum officinale aggr.		+	+
Urtica dioica		+	+
Valeriana dioica		+	+
Veronica chamaedrys		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	30	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	90	10	5	2	10
nouveau (RION)	25	0	0	90	10	5	2	10

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **CALCOSOL haplique** (BAIZE & GIRARD, 2009)
Cambisol *(Calcaric)* (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
OLIGOMULL *(Calcaric)* s(JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poche ; mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 2	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition diffuse, limite droite.
2 – 24	**Aca**	10YR 3/1	4/4	6	Horizon organo-minéral calcaire ; présence de racines ; sec. Texture limono-argileuse, structure macrogrumeleuse. Transition diffuse, limite droite.
24 – 30	**Aca – Sca**	10YR 3/2	4/4	6.5	Horizon de transition calcaire, organo-minéral et structural ; présence de 10% de cailloux de < 5cm ; sec. Texture limono-argileuse, structure macrogrumeleuse et polyédrique. Transition diffuse, limite droite.
30 – 50	**Sca – Cca**	10YR 4/2	4/4	6.5	Horizon de transition calcaire, structural et minéral ; présence de 30% de cailloux de < 5cm et 20% de graviers ; sec. Texture limono-argileuse, structure polyédrique. Transition et limite non observées.

Relevé 1565

Coordonnées ± 3m	503061 / 158098 (anciennes GALLANDAT, 25 août 1977) 503059 / 158102 (nouvelles RION, 17 juillet 2012) 503054 / 158099 (sol et forme d'humus RION, 17 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1029 m
Exposition / relief	150° (Sud-Est) / plat ; petite cuvette
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune (cloturé)
Repères, remarques	au nord de la tourbière de Praz-Rodet ; proche du chemin reliant le village du Brassus à la ferme de Praz-Rodet ; pâturage aux alentours ; dans la zone clôturée autour de la tourbière de Praz-Rodet, formant un coude ; bloc calcaire dans le relevé

Végétation (1977 et 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 10 m²) — *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Cirsio-Juncetum / Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*, variante à *Carex echinata*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 10 m² et 25 m²) — *Phragmitetea / Phragmitetalia / **Magnocaricion** / Caricetum rostratae*

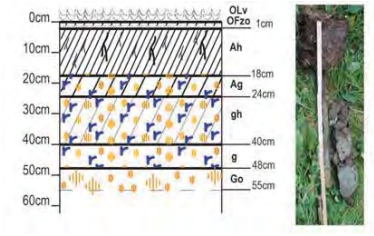
	1977 10m²	2012 10m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**22**	**8**	**8**
Anthoxanthum odoratum	2		
Carex leporina	2		
Juncus effusus	2		
Viola palustris	2		
Ranunculus repens	1	+	+
Agrostis capillaris	1		
Carex echinata	1		
Deschampsia cespitosa	1		
Festuca rubra aggr.	1		
Potentilla erecta	1		
Poa trivialis s.str.	1		
Trifolium repens s.str.	1		
Caltha palustris	+	+	+
Carex nigra	+	+	+
Alchemilla vulgaris aggr.	+		
Carex panicea	+		
Cardamine pratensis	+		
Filipendula ulmaria	+		
Nardus stricta	+		
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	+		
Stellaria graminea	+		
Succisa pratensis	+		
Carex rostrata		5	5
Galium uliginosum		1	1
Galium palustre		+	+
Rumex crispus		+	+
Veronica scutellata		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	10	-	-	100	100	-	-	-
nouveau (RION)	10	0	0	85	20	1	50	15
nouveau (RION)	25	0	0	85	20	1	59	15

Sol et forme d'humus (2013)

SOL — **RÉDOXISOL réductique, surrédoxique, à horizons A et g humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epistagnic, Epigleyic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS — **HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic* DYSMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 18	**Ah**	10YR 3/3	0/4	6	Horizon organo-minéral humifère ; racines présentes ; aucun autre élément grossier ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse, Transition nette, limite droite.
18 – 24	**Ag**	10YR 3/2	0/4	6	Horizon organo-minéral avec traces d'oxydo-réduction ; présence de quelques racines ; sec. Texture limono-argileuse, structure pâteuse. Transition nette, limite droite.
24 – 40	**gh**	10YR 3/2	0/4	6	Horizon minéral rédoxique humifère, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé, et contenant de la matière organique en poche ; sec. Texture argilo-limoneuse ; structure massive et pâteuse. Transition nette, limite droite.
40 – 48	**g**	10YR 3/2 GLEY1 6/10Y	0/4	6	Horizon minéral rédoxique, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; sec. Texture argileuse ; structure massive et pâteuse. Transition nette, limite droite.
48 – 55	**Go**	GLEY1 6/10Y	0/4	6	Horizon minéral réductique, avec du fer oxydé ; sec. Texture argileuse ; structure massive et pâteuse. Transition et limite non observées.

Relevé 1566

Coordonnées ± 3m	503186 / 158018 (anciennes GALLANDAT, 25 août 1977) 503184 / 158013 (nouvelles RION, 17 juillet 2012) 593181 / 158011 (sol et forme d'humus RION, 17 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1034 m
Exposition / relief	86° (Est) / légèrement en pente, depuis le pâturage et en direction de l'Orbe
Pente	2°
Utilisation humaine	pâturé
Repères, remarques	au bord de l'Orbe, à l'extrémité est de la zone de la Burtignière et de la Praz-Rodet ; sur la rive gauche de l'Orbe, dans un pâturage, au bord de la clôture ; zone pâturée mais pas trop piétinée par les vaches car très humide ; trous de vaches apparents dans le relevé, remplis d'eau

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Caricetum davallianae / Caricetum davallianae typicum*, variante à *Trichophorum cespitosum*, forme à *Menyanthes trifoliata*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Caricetum davallianae / Caricetum davallianae typicum*, variante à *Trichophorum cespitosum*, forme à *Menyanthes trifoliata*

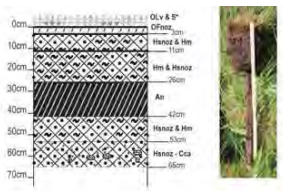
	1977 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**35**	**38**	**38**
Carex rostrata	2	2	2a
Menyanthes trifoliata	2	2	2a
Carex panicea	2	1	1
Pedicularis palustris	2	1	1
Primula farinosa	2	+	+
Carex davalliana	1	3	3
Briza media	1	2	2a
Carex hostiana	1	2	2a
Carex flava	1	2	2b
Eriophorum latifolium	1	2	2b
Potentilla erecta	1	1	1
Caltha palustris	1	+	+
Galium uliginosum	1	+	+
Parnassia palustris	1	+	+
Potentilla palustris	1		
Equisetum palustre	1		
Eriophorum angustifolium	1		
Festuca ovina aggr.	1		
Galium palustre	1		
Eleocharis quinqueflora	1		
Juncus alpinoarticulatus	1		
Dactylorhiza incarnata	1		
Carex nigra	+	2	2a
Succisa pratensis	+	2	2a
Carex paniculata	+	1	1
Dianthus superbus	+	1	1
Valeriana dioica	+	1	1
Filipendula ulmaria	+	+	+
Lathyrus pratensis	+	+	+
Dactylorhiza fistulosa	+	+	+
Sanguisorba officinalis	+	+	+
Blysmus compressus	+		
Cardamine pratensis	+		
Equisetum fluviatile	+		
Sagina nodosa	+		
Agrostis stolonifera		2	2a
Festuca rubra aggr.		2	2a
Juncus articulatus		2	2a
Anthoxanthum odoratum		1	1
Carex acutiformis		1	1
Carex flacca		1	1
Crepis paludosa		1	1
Molinia caerulea		1	1
Angelica sylvestris		+	+
Ranunculus acris subsp. *friesianus*		+	+
Rhinanthus minor		+	+
Silene flos-cuculi		+	+
Swertia perennis		+	+
Vicia cracca s.str.		+	+
Veronica beccabunga		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	90	100	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	90	60	0	1	10
nouveau (RION)	25	0	0	90	60	0	1	10

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **HISTOSOL SAPRIQUE à horizon d'anmoor intercalé, calcique, mésotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Sapric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **SAPRIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011) **SAPRIMODER *(Folic, Ombric, Garbic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon	Analyses de laboratoire
+3 – 0	**OLv & S***	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu, avec poches de mousses ; présence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.	
0 – 3	**OFnoz**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, non-zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.	
3 – 11	**Hsnoz & Hm**	10YR 2/2	5	6	Horizon histique de juxtaposition, avec un horizon histique saprique non-zoogène, comportant des fibres en poche ; racines abondantes ; très humide. Transition nette, limite droite.	
11 – 26	**Hm & Hsnoz**	10YR 2/2	6	6	Horizon histique de juxtaposition, avec un horizon histique mésique comportant des fibres plus décomposées en poche ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.	
26 – 42	**An**	10YR 4/3	-	6	Horizon organo-minéral à anmoor ; sec. Texture limono-sableuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.	PAF : 32.71% (MO) **Saturé** V=(S/T)*100= 95%
42 – 53	**Hsnoz & Hm**	10YR 3/2	-	6	Horizon histique de juxtaposition, avec un horizon histique saprique non-zoogène, comportant des fibres en poche ; sec. Transition graduelle, limite droite.	
53 – 65	**Hsnoz - Cca**	10YR 3/2	-	6	Horizon de transition, avec un mélande d'horizon histique saprique non-zoogène et de cailloux et graviers calcaires (< 5 cm) ; sec. Transition et limite non observées.	

Relevé 1570

Coordonnées ± 3m	502759 / 157239 (anciennes GALLANDAT, 31 août 1977) 502761 / 157241 (nouvelles RION, 19 juillet 2012) 502760 / 157244 (sol et forme d'humus RION, 25 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1042 m
Exposition / relief	110° (Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	rive droite de l'Orbe ; au sud de la tourbière de la Burtignière ; proche de la ferme de la Burtignière et de la route principale reliant le village du Brassus en Suisse et le village de Bois d'Amont en France ; en bordure du pâturage situé au bord de la route ; ruissellement et eau provenant du pâturage

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 15 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Cirsio-Juncetum / Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*, variante à *Blymus compressus*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 15 m² et 25 m²)	*Phragmitetea / Phragmitetalia / **Magnocaricion** / Caricetum acutiformis*

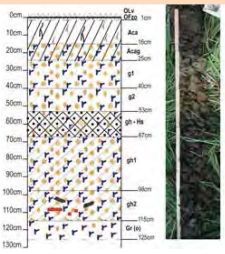
	1977 15m²	2012 15m²	2012 25m²
nombre d'espèces	13	3	3
Juncus inflexus	5		
Carex hirta	2		
Phleum pratense	2		
Caltha palustris	1		
Cardamine pratensis	1		
Festuca pratensis s.str.	1		
Festuca rubra	1		
Polygonum bistorta	1		
Poa pratensis	1		
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	1		
Cirsium palustre	+		
Myosotis scorpioides	+		
Trifolium repens s.str.	+		
Carex acutiformis		5	5
Scirpus sylvaticus		+	+
Equisetum palustre		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	15	-	-	100	0	-	-	-
nouveau (RION)	15	0	0	100	0	0	100	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	0	0	100	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL surrédoxique, calcaire, à horizons g humifères, à horizon saprique, à horizon réductique de profondeur** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic, Gleyic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
Stagnic* DYSMULL *(Drying up at the surface, Calcaric) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition diffuse, limite droite.
1 - 16	**Aca**	10YR 3/2	2/4	6	Horizon organo-minéral calcaire ; racines et vers de terre présents ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
16 – 25	**Acag**	10YR 4/2 10YR 8/6 GLEY1 7/10Y	2/4	6	Horizon organo-minéral calcaire, avec traces d'oxydo-réduction ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
25 – 40	**g1**	GLEY1 7/10Y GLEY1 7/5GY 10YR 8/6	2/4	6	Horizon minéral rédoxique, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; légèrement humide. Texture limono-argileuse ; structure massive et pâteuse. Transition graduelle, limite droite.
40 – 53	**g2**	10YR 5/1 GLEY1 5/10Y	4/4	6.5	Horizon minéral rédoxique, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; petits sables ; légèrement humide. Texture argilo-sableux ; structure massive et pâteuse. Transition graduelle, limite droite.
53 – 67	**gh – Hs**	GLEY1 7/5GY GLEY1 7/10Y 10YR 7/2	2/4	6	Horizon de transition, avec mélange d'horizon rédoxique et taches d'oxydo-réduction et contenant quelques fibres ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure massive et pâteuse. Transition graduelle, limite droite.
67 – 98	**gh1**	10YR 4/1 10YR 5/6	3/4	6	Horizon minéral rédoxique humifère, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; quelques fibres ; légèrement humide. Texture argilo-sableuse ; structure massive et pâteuse. Transition graduelle, limite droite.
98 – 115	**gh2**	10YR 4/1 10YR 5/6	3/4	6	Horizon minéral rédoxique humifère, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; légèrement humide. Texture argilo-sableuse ; structure massive et pâteuse. Transition graduelle, limite droite.
115 – 125	**Gr(o)**	GLEY1 6/10GY GLEY1 7/10Y 10YR 5/6	1/4	6	Horizon minéral réductique, avec fer réduit ; quelques taches de fer oxydé ici-et-là ; légèrement humide. Texture limono-argileuse ; structure massive et pâteuse. Transition et limite non observées.

Relevé 1571

Coordonnées ± 3m	502889 / 157314 (anciennes GALLANDAT, 31 août 1977) 502888 / 157312 (nouvelles RION, 19 juillet 2012) 502893 / 157310 (sol et forme d'humus RION, 25 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1039 m
Exposition / relief	320° (Nord-Ouest) / très légère pente
Pente	1°
Utilisation humaine	pâturé
Repères, remarques	tourbière de la Pisse-Vache ; au sud de la tourbière de la Burtignière ; en face de la ferme de la Burtignière ; au sud de la route principale reliant le village du Brassus en Suisse et le village de Bois d'Amont en France ; dans le pâturage situé au bord de la route (piétiné et brouté) ; presque en face du relevé 1570 ; à l'ouest du petit chemin allant dans le pâturage

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Cirsio-Juncetum / Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*, variante à *Carex echinata*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Cirsio-Juncetum / Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*, variante à *Blysmus compressus*

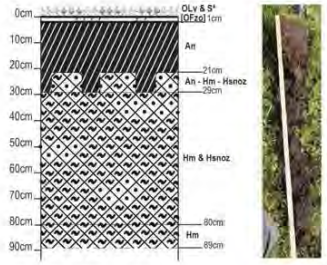
	1977 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**30**	**35**	**33**
Juncus effusus	4	2	2b
Cirsium palustre	2	2	2a
Festuca rubra	2	2	2a
Festuca pratensis s.str.	1	1	1
Rumex acetosa	1	1	1
Alchemilla vulgaris aggr.	1	1	1
Caltha palustris	1	+	+
Carex hirta	1	+	+
Carex leporina	1	+	+
Epilobium palustre	1	+	+
Galeopsis tetrahit	1	+	+
Polygonum bistorta	1	+	+
Cardamine pratensis	1	r	r
Agrostis capillaris	1		
Myosotis scorpioides	1		
Prunella vulgaris	1		
Deschampsia cespitosa	+	3	3
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	+	1	1
Ranunculus repens	+	1	1
Veronica chamaedrys	+	1	1
Cruciata laevipes	+	+	+
Galium uliginosum	+	+	+
Veronica beccabunga	+	+	+
Blysmus compressus	+		
Carum carvi	+		
Galium palustre	+		
Geum rivale	+		
Urtica dioica	+		
Filipendula ulmaria	r	+	
Rumex obtusifolius	r		
Agrostis stolonifera		1	1
Cynosurus cristatus		1	1
Trifolium pratense s.str.		1	1
Phleum pratense		1	1
Anthoxanthum odoratum		+	+
Carex nigra		+	+
Cirsium rivulare		+	+
Glyceria notata		+	+
Juncus articulatus		+	+
Leontodon hispidus s.str.		+	+
Trifolium repens s.str.		+	+
Veronica officinalis		+	
Cerastium fontanum subsp. *vulgare*		r	r
Crepis mollis		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	60	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	85	5	0	1	15
nouveau (RION)	25	0	0	85	5	0	1	15

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL MESIQUE calcique, mésotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Hemic* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
Epihistic* EUANMOOR *(Folic, Ombric, Garbic) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv & S***	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu, avec mousses en poche ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 21	**An**	10YR 3/1	-	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines ; humide. Texture limono-argileuse, structure compacte, un peu mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
21 – 29	**An – Hm – Hsnoz**	10YR 3/1	6	5	Horizon de transition, avec un mélange d'horizon organo-minéral à anmoor, d'horizon histique mésique et d'horizon histique saprique non-zoogène ; humide. Texture limono-argileuse, structure fibreuse et compacte, un peu mésogrumeleuse par endroits. Transition graduelle, limite droite.
29 – 80	**Hm & Hsnoz**	10YR 3/1	6	5	Horizon histique de juxtaposition, avec un horizon histique mésique comportant des poches de fibres plus décomposées ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
80 – 89	**Hm**	10YR 3/1	6	5	Horizon histique mésique ; très humide. Transition et limite non observées.

Relevé 1572

Coordonnées ± 3m	502948 / 157295 (anciennes GALLANDAT, 31 août 1977) 502949 / 157294 (nouvelles RION, 4 juillet 2012) 502952 / 157293 (sol et forme d'humus RION, 25 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1047 m
Exposition / relief	344° (Nord-Ouest) / très légère pente depuis la tourbière
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune (clôturé)
Repères, remarques	tourbière de la Pisse-Vache ; au sud de la tourbière de la Burtignière ; en face de la ferme de la Burtignière ; au sud de la route principale reliant le village du Brassus en Suisse et le village de Bois d'Amont en France ; presque en face du relevé 1571, de l'autre côté du petit chemin ; proche des relevés 512 et 514

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 40 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Festuca rubra*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 40 m² et 25 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Festuca rubra*

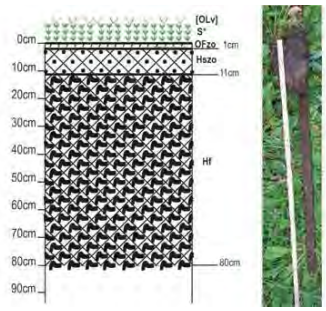
	1977 40m²	2012 40m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**31**	**28**	**27**
Geum rivale	2	2	2a
Festuca rubra aggr.	2	1	1
Luzula multiflora	2	1	1
Viola palustris	2	+	+
Anthoxanthum odoratum	2		
Carex panicea	2		
Nardus stricta	2		
Carex nigra	1	3	3
Cirsium palustre	1	2	2a
Polygonum bistorta	1	2	2b
Potentilla erecta	1	2	2a
Sanguisorba officinalis	1	2	2a
Succisa pratensis	1	2	2a
Carex leporina	1	1	1
Crepis mollis	1	1	1
Festuca ovina aggr.	1	1	1
Galium uliginosum	1	1	1
Deschampsia cespitosa	1	+	+
Agrostis capillaris	1		
Briza media	1		
Cardamine pratensis	1		
Carex echinata	1		
Crocus albiflorus	1		
Eriophorum angustifolium	1		
Poa pratensis	1		
Filipendula ulmaria	+	2	2b
Ajuga reptans	+		
Juncus effusus	+		
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	+		
Trollius europaeus	+		
Gentiana lutea	r		
Agrostis canina		1	1
Potentilla palustris		1	1
Vicia cracca s.str.		1	1
Agrostis stolonifera		+	+
Carex hirta		+	+
Epilobium palustre		+	+
Helictotrichon pratense		+	+
Hypericum maculatum s.str.		+	
Lathyrus pratensis		+	+
Rumex acetosa		+	+
Silene flos-cuculi		r	r
Veratrum album s.l.		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	40	-	-	100	100	-	-	-
nouveau (RION)	40	0	0	100	0	0	5	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	0	0	5	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **HISTOSOL FIBRIQUE à horizon saprique en surface, acide, mésotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Fibric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **FIBRIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface** (ZANELLA *et al.*, 2011) **FIBRIMOR *(Drying up at the surface, Folic, Ombric, Garbic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+4 – +3	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+3 – 0	**S***	-	-	-	Horizon important et continu de mousses ; très humide. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
1 – 11	**Hszo**	10YR 2/1	5	4.5	Horizon histique saprique zoogène ; humide. Transition nette, limite droite.
11 – 80	**Hf**	10YR 4/4	2	5	Horizon histique très fibreux ; très humide. Transition et limite non observées.

Relevé 1573

Coordonnées ± 3m	503003 / 157395 (anciennes GALLANDAT, 31 août 1977) 503002 / 157396 (nouvelles RION, 4 juillet 2012) 503004 / 157398 (sol et forme d'humus RION, 25 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1047 m
Exposition / relief	300° (Nord-Ouest) / très légère pente depuis la tourbière en direction de la route
Pente	6°
Utilisation humaine	aucune (clôturé)
Repères, remarques	tourbière de la Pisse-Vache ; au sud de la tourbière de la Burtignière ; en face de la ferme de la Burtignière ; au bord et au sud de la route principale reliant le village du Brassus en Suisse et le village de Bois d'Amont en France ; proche des relevés 512, 514 et 1572 ; proche de bouleau

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Festuca rubra*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum succisetosum*, variante à *Swertia perennis*

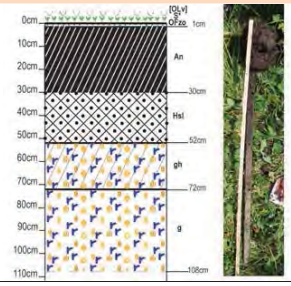
	1977 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**25**	**19**	**18**
Festuca rubra aggr.	2	1	1
Potentilla erecta	2	1	1
Deschampsia cespitosa	2	+	+
Carex echinata	2		
Eriophorum angustifolium	2		
Luzula multiflora	2		
Nardus stricta	2		
Viola palustris	2		
Polygonum bistorta	1	2	2b
Juncus effusus	1	1	1
Sanguisorba officinalis	1	1	1
Carex nigra	1	+	+
Festuca ovina aggr.	1	+	+
Agrostis capillaris	1		
Agrostis stolonifera	1		
Anthoxanthum odoratum	1		
Carex panicea	1		
Succisa pratensis	1		
Trichophorum cespitosum	1		
Cirsium palustre	+		
Filipendula ulmaria	+	4	4
Galium uliginosum	+	1	1
Potentilla palustris	+		
Eriophorum vaginatum	+		
Trollius europaeus	+		
Geum rivale		3	3
Aconitum napellus aggr.		2	2a
Alchemilla glabra aggr.		2	2a
Scirpus sylvaticus		1	1
Agrostis canina		+	+
Cirsium rivulare		+	+
Lathyrus pratensis		+	+
Poa palustris		+	+
Rumex acetosa		+	

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	100	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	100	0	0	0	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	0	0	0	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **RÉDOXISOL à horizon g humifère, à horizon histique saprique en surface** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Histic, Endostagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011) **EUANMOOR *(Folic, Ombric, Garbic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+1.5 – 1	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
1 – 0	**S***	-	-	-	Horizon continu de mousses ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
1 – 30	**An**	10YR 2/1	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines présentes ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
30 – 52	**Hsl**	10YR 3/1	0/4	4	Horizon histique limique, avec beaucoup de minéral ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
52 – 72	**gh**	GLEY1 5/10Y GLEY3/5GY	0/4	5	Horizon minéral rédoxique humifère, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé, et contenant de la matière organique en poche et des fibres ; légèrement humide. Texture limono-argileuse ; structure massive et collante. Transition nette, limite droite.
72 – 108	**g**	10YR 5/6 GLEY1 7/10Y GLEY6/10GY	0/4	5	Horizon minéral rédoxique humifère, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure massive. Transition et limite non observées.

Relevé 1574

Coordonnées ± 3m	503239 / 157587 (anciennes GALLANDAT, 31 août 1977) 503238 / 157588 (nouvelles RION, 27 juillet 2012) 503241 / 157591 (sol et forme d'humus RION, 25 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1048 m
Exposition / relief	322° (Nord-Ouest) / très légère pente depuis le pâturage en direction du petit ruisseau
Pente	1°
Utilisation humaine	pâturé
Repères, remarques	nord de la tourbière de la Pisse-Vache ; en face de la ferme de la Burtignière ; au bord et au sud de la route principale reliant le village du Brassus en Suisse et le village de Bois d'Amont en France ; proche du relevé 1719 et de la barrière ; ruisseau présent partant de la tourbière et passant sous la route

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Cirsio-Juncetum / Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*, variante à *Blysmus compressus*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Cirsio-Juncetum / Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*, variante à *Blysmus compressus*

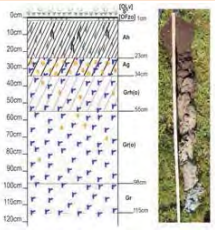
	1977 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**42**	**47**	**36**
Juncus effusus	2	2	2b
Caltha palustris	2	1	1
Trifolium pratense s.str.	2	1	1
Centaurea jacea s.str.	2	+	+
Blysmus compressus	2		
Carex panicea	2		
Cynosurus cristatus	1	2	2a
Festuca pratensis s.str.	1	2	2a
Polygonum bistorta	1	2	2a
Alchemilla vulgaris aggr.	1	1	1
Anthoxanthum odoratum	1	1	1
Festuca rubra aggr.	1	1	1
Carex leporina	1	1	1
Trifolium repens s.str.	1	1	1
Agrostis stolonifera	1	+	+
Briza media	1	+	+
Carum carvi	1	+	+
Cirsium palustre	1	+	+
Juncus articulatus	1	+	+
Prunella vulgaris	1	+	+
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	1	+	+
Succisa pratensis	1	+	+
Valeriana dioica	1	+	+
Leontodon hispidus s.str.	1	r	
Agrostis capillaris	1		
Carex hirta	1		
Nardus stricta	1		
Carex nigra	+	+	+
Galium uliginosum	+	+	
Lotus corniculatus	+	+	+
Trollius europaeus	+	+	
Veronica chamaedrys	+	+	
Vicia cracca s.str.	+	+	+
Potentilla erecta	+	+	+
Cardamine pratensis	+	r	r
Myosotis scorpioides	+	r	r
Equisetum palustre	+		
Euphrasia rostkoviana	+		
Poa trivialis s.str.	+		
Rumex acetosa	+		
Cirsium rivulare	r	+	
Carex hostiana	r		
Aconitum napellus aggr.		+	
Carex pallescens		2	2a
Carex flacca		1	1
Carex flava		1	1
Geum rivale		1	1
Phleum pratense		1	1
Carex echinata		+	
Cruciata laevipes		+	
Filipendula ulmaria		+	+
Lathyrus pratensis		+	
Plantago major s.str.		+	+
Poa pratensis		+	
Sanguisorba officinalis		+	+
Epilobium parviflorum		r	
Veratrum album s.l.		r	

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	30	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	90	90	0	2	10
nouveau (RION)	25	0	0	90	90	0	2	10

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique, à horizons A et G humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic, Epigleyic* Gleysol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
Stagnic* OLIGOMULL *(Drying up at the surface, Gleyic) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+1.5 – +1	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+1 – 0	**S***	-	-	-	Horizon continu de mousses ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition graduelle, limite droite.
1 – 23	**Ah**	10YR 3/1	0/4	5	Horizon organo-minéral humifère ; racines abondantes ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
23 – 34	**Ag**	10YR 3/2 10YR 6/2	0/4	5	Horizon organo-minéral avec traces d'oxydo-réduction ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse et massive. Transition graduelle, limite droite.
34 – 55	**Grh(o)**	GLEY1 7/10Y GLEY1 5/5GY 10YR 6/6	0/4	5	Horizon minéral réductique humifère, avec fer réduit ; quelques taches de fer oxydé ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse, structure massive et collante. Transition graduelle, limite droite.
55 – 98	**Gr(o)**	GLEY1 5G 6/1 GLEY1 5G 4/1 GLEY1 7/10Y 10YR 6/6	0/4	5	Horizon minéral réductique, avec fer réduit ; quelques taches de fer oxydé ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse, structure massive et collante. Transition graduelle, limite droite.
98 – 115	**Gr**	GLEY2 7/10BG 10YR 6/8	0/4	5	Horizon minéral réductique humifère, avec fer réduit ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure massive et collante. Transition et limite non observées.

Relevé 1642

Coordonnées ± 3m	501409 / 156036 (anciennes GALLANDAT, 15 septembre 1977) 501415 / 156036 (nouvelles RION, 23 juillet 2012) 501412 / 156304 (sol et forme d'humus RION, 24 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1041 m
Exposition / relief	188° (Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune (clôturé)
Repères, remarques	au lieu-dit « tourbière du Carre » ; rive gauche de l'Orbe ; au sud-est de la tourbière du Carre ; proche du chemin, et de l'autre côté du pâturage ; proche des relevés 1509 et 1644

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Cirsio-Juncetum / Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*, variante à *Blysmus compressus*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum polemonietosum*, variante à *Carex elata*

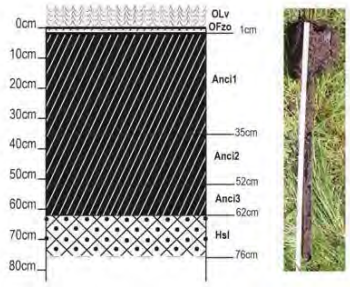
	1977 25m²	2012 25m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**47**	**34**	**34**
Caltha palustris	2	1	1
Cirsium rivulare	2	+	+
Festuca pratensis s.str.	2	+	+
Juncus effusus	2	+	+
Alchemilla vulgaris aggr.	2	r	r
Carex panicea	2		
Trifolium repens s.str.	2		
Trifolium pratense s.str.	2		
Filipendula ulmaria	1	2	2b
Festuca rubra	1	1	1
Polygonum bistorta	1	1	1
Anthoxanthum odoratum	1	+	+
Dactylis glomerata	1	+	+
Deschampsia cespitosa	1	+	+
Poa pratensis	1	+	+
Agrostis stolonifera	1		
Briza media	1		
Cardamine pratensis	1		
Cynosurus cristatus	1		
Leontodon hispidus s.str.	1		
Prunella vulgaris	1		
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	1		
Ranunculus repens	1		
Silene flos-cuculi	1		
Trollius europaeus	1		
Valeriana dioica	1		
Carex paniculata	+	3	3
Angelica sylvestris	+	1	1
Galium palustre	+	+	+
Vicia cracca s.str.	+	+	+
Agrostis capillaris	+		
Cerastium arvense s.str.	+		
Cerastium fontanum subsp. *vulgare*	+		
Centaurea jacea s.str.	+		
Crepis paludosa	+		
Euphrasia rostkoviana	+		
Geum rivale	+		
Glyceria notata	+		
Juncus articulatus	+		
Mentha arvensis	+		
Myosotis scorpioides	+		
Plantago media	+		
Potentilla erecta	+		
Primula elatior s.str.	+		
Sanguisorba officinalis	+		
Veronica chamaedrys	+		
Carex leporina	r		
Phleum pratense		2	2a
Polemonium caeruleum		2	2a
Valeriana officinalis		2	2a
Carex elata		1	1
Anthriscus sylvestris		1	1
Galeopsis tetrahit		1	1
Juncus inflexus		1	1
Agrostis canina		+	+
Agropyron repens		+	+
Carex hirta		+	+
Cruciata laevipes		+	+
Equisetum palustre		+	+
Galium uliginosum		+	+
Poa trivialis s.str.		+	+
Urtica dioica		+	+
Epilobium hirsutum		r	r
Lathyrus pratensis		r	r
Rumex crispus		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	25	-	-	100	30	-	-	-
nouveau (RION)	25	0	0	100	0	0	100	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL SAPRIQUE à horizons An décarbonatés, calcique, eutrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Sapric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
Epihistic* EUANMOOR *(Folic, Ombric, Garbic) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+4 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 35	**Anci1**	10YR 2/1	1/4	6	Horizon organo-minéral à anmoor, décarbonaté ; racines abondantes ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
35 – 52	**Anci2**	10YR 2/1	1/4	6	Horizon organo-minéral à anmoor, décarbonaté ; racines abondantes ; humide. Texture limono-argileuse, structure pâteuse. Transition graduelle, limite droite.
52 – 62	**Anci3**	10YR 2/1	1/4	6	Horizon organo-minéral à anmoor, décarbonaté ; racines abondantes ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
62 – 76	**Hsl**	10YR 2/1	-	5.5	Horizon histique saprique limique ; beaucoup de minéral (sables et limons) ; présence de fibres ; sec. Texture limono-argileuse. Transition et limite non observées.

Relevé 1644

Coordonnées ± 3m	501406 / 156473 (anciennes GALLANDAT, 15 septembre 1977) 501404 / 156475 (nouvelles RION, 18 juillet 2012) 501405 / 156472 (sol et forme d'humus RION, 24 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1036 m
Exposition / relief	320° (Nord-Ouest) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune (clôturé)
Repères, remarques	au lieu-dit « tourbière du Carre » ; rive gauche de l'Orbe ; à l'est de la tourbière du Carre ; proche du chemin, et de l'autre côté du pâturage ; proche des relevés 1642 ; nombreux touradons ; zone avec reine des prés moins abondantes

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 25 m²) — *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Cirsio-Juncetum / Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*, variante à *Blysmus compressus*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 25 m²) — *Phragmitetea / Phragmitetalia / **Magnocaricion** / Caricetum rostratae*

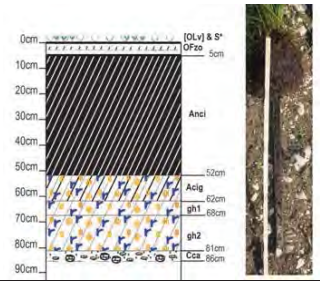
	1977 25m²	2012 25m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**28**	**16**	**16**
Carex panicea	3	+	+
Agrostis stolonifera	2	+	+
Cardamine pratensis	1		
Carex paniculata	2		
Ranunculus repens	2		
Carex rostrata	1	3	3
Phalaris arundinacea	1	2	2a
Deschampsia cespitosa	1	1	1
Valeriana dioica	1	1	1
Juncus effusus	1	+	+
Mentha arvensis	1		
Myosotis scorpioides	1		
Poa pratensis	1		
Silene flos-cuculi	1		
Caltha palustris	+	1	1
Polygonum bistorta	+	1	1
Filipendula ulmaria	+	+	+
Sanguisorba officinalis	+	+	+
Cirsium rivulare	+		
Galium palustre	+		
Geum rivale	+		
Juncus articulatus	+		
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	+		
Trollius europaeus	+		
Trifolium repens s.str.	+		
Veronica beccabunga	+		
Vicia cracca s.str.	+		
Succisa pratensis	r		
Carex nigra		3	3
Galium elongatum		1	1
Carex flava		+	+
Epilobium palustre		+	+
Origanum vulgare		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	25	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	25	0	0	85	3	0	100	15

Sol et forme d'humus (2013)

SOL — **RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizons A et g humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Endostagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS — **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011) **EUANMOOR *(Folic, Ombric)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+1 – 0	**[OLv] & S***	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis discontinu, avec présence de mousses en poche ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 5	**OFzo**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
5 – 52	**Anci**	10YR 2/2	1/4	6	Horizon organo-minéral à anmoor, décarbonatation en cours ; racines abondantes ; légèrement humide. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
52 – 62	**Acig**	10YR 2/1	1/4	6	Horizon organo-minéral avec taches d'oxydo-réduction, décarbonatation en cours ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
62 – 68	**gh1**	GLEY1 4/5GY	1/4	6	Horizon minéral rédoxique humifère, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé, et contenant de la matière organique en poche ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure massive. Transition graduelle, limite ondulée.
68 – 81	**gh2**	GLEY1 4/5GY GLEY1 6/N	3/4	6	Horizon minéral rédoxique humifère, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé, et contenant de la matière organique en poche ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure massive. Transition graduelle, limite ondulée.
81 – 86	**Cca**	WHITE2.5Y 8/2	4/4	8	Horizon minéral calcaire, composée de cailloux et de graviers calcaires (< 5 cm) ; sec. Transition et limite non observées.

Relevé 1645

Coordonnées ± 3m	501055 / 156428 (anciennes GALLANDAT, 15 septembre 1977) 501056 / 156426 (nouvelles RION, 16 juin 2012) 501059 / 156426 (sol et forme d'humus RION, 24 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1045 m
Exposition / relief	330° (Nord-Ouest) / en pente depuis la tourbière du Carre vers les dolines
Pente	10°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « tourbière du Carre » ; au nord de la tourbière du Carre ; dolines toutes proches ; présence d'eau (<1%) et de trous dans le relevé ; proche des relevés 1646, 1647 et 1674

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Caricetum davallianae / Caricetum davallianae typicum*, variante à *Trichophorum cespitosum*, forme à *Eriophorum vaginatum*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum succisetosum*, variante à *Swertia perennis*

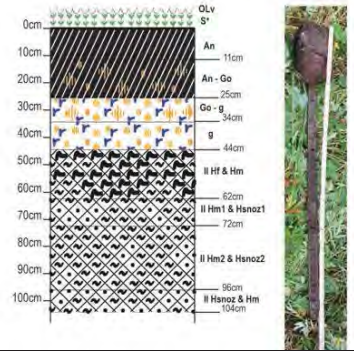
	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**31**	**22**	**22**
Potentilla erecta	2	1	1
Molinia caerulea	2		
Succisa pratensis	2		
Agrostis stolonifera	1		
Angelica sylvestris	1		
Briza media	1		
Carex panicea	1		
Epipactis palustris	1		
Equisetum fluviatile	1		
Equisetum palustre	1		
Eriophorum angustifolium	1		
Eriophorum latifolium	1		
Eriophorum vaginatum	1		
Juncus articulatus	1		
Knautia dipsacifolia s.str.	1		
Menyanthes trifoliata	1		
Dactylorhiza incarnata	1		
Parnassia palustris	1		
Pedicularis palustris	1		
Primula farinosa	1		
Pyrola rotundifolia	1		
Swertia perennis	1		
Trichophorum cespitosum	1		
Valeriana dioica	1		
Vicia cracca s.str.	+	+	+
Betula pubescens	+		
Carex davalliana	+		
Crepis paludosa	+		
Pinguicula vulgaris	+		
Salix repens	+		
Lathyrus pratensis	r		
Trollius europaeus		4	4
Filipendula ulmaria		3	3
Caltha palustris		2	2a
Festuca rubra aggr.		2	2a
Polygonum bistorta		2	2b
Carex elata		1	1
Carex nigra		1	1
Deschampsia cespitosa		1	1
Festuca pratensis s.str.		1	1
Geum rivale		1	1
Phyteuma spicatum		1	1
Sanguisorba officinalis		1	1
Carex lepidocarpa		+	+
Carex flava		+	+
Carex leporina		+	+
Carex rostrata		+	+
Galium palustre		+	+
Galium uliginosum		+	+
Ranunculus aconitifolius		+	+
Silene flos-cuculi		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	100	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	99	1	0	20	1
nouveau (RION)	25	0	0	99	1	0	20	1

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDUCTISOL TYPIQUE leptique, à horizon rédoxique, superposé à HISTOSOL MESIQUE calcique, mésotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic, Epigleyic* Gleysol superposed to *Hemic* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR superposé à MÉSIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011)
EUANMOOR *(Folic, Ombric, Gleyic)* superposed to MESIMODER *(Folic, Ombric)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+3 – +2	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+2 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 11	**An**	10YR 3/2	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; présence de racines ; aucun élément grossier ; présence de vers de terre ; légèrement humide. Texture limono-argileuse ; structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
11 – 25	**An – Go**	10YR 4/2 10YR 4/6 GLEY1 5/10Y	0/4	5	Horizon de transition composé d'un mélange d'horizon organo-minéral à anmoor et un horizon réductique ; taches de fer oxydé ; racines ; légèrement humide. Texture limono-argileuse ; structure mésogrumeleuse et massive. Transition graduelle, limite droite.

25 – 34	**Go – g**	GLEY1 5/10Y	0/4	5	Horizon minéral de transition, réductique et rédoxique ; légèrement humide. Texture limono-argileuse ; structure massive. Transition graduelle, limite droite.
34 – 44	**g**	GLEY1 5/10Y GLEY1 4/10Y	0/4	5	Horizon minéral rédoxique, avec marbrures de fer réduit et oxydé ; légèrement humide. Texture limono-argileuse ; structure massive. Transition graduelle, limite droite.
44 – 62	**II Hf & Hm**	10YR 3/3	0/4	4.5	Horizon histique de juxtaposition, fibrique avec des poches de fibres décomposées ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.
62 – 72	**II Hm1 & Hsnoz1**	10YR 4/1	0/4	4.5	Horizon histique de juxtaposition, mésique avec des poches de fibres plus décomposées ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.
72 – 96	**II Hm2 & Hsnoz2**	10YR 3/3	0/4	4.5	Horizon histique de juxtaposition, mésique avec des poches de fibres plus décomposées ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.
96 – 104	**II Hsnoz & Hm**	10YR 3/2	0/4	4.5	Horizon histique de juxtaposition, essentiellement saprique avec des poches de fibres ; légèrement humide. Transition et limite non observées.

Relevé 1646

Coordonnées ± 3m	501115 / 156457 (anciennes GALLANDAT, 15 septembre 1977) 501115 / 156456 (nouvelles RION, 16 juin 2012) 501115 / 156458 (sol et forme d'humus RION, 24 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1049 m
Exposition / relief	220° (Sud-Ouest) / en pente depuis la tourbière du Carre vers les dolines
Pente	5°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « tourbière du Carre » ; au nord de la tourbière du Carre ; au-dessus d'un arbre et en-dessous d'un ancien *Cynosurion* ; proche des relevés 1645, 1647 et 1674

Végétation (1977 et 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 10 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia* / ***Caricion davallianae*** / Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 10 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia* / ***Filipendulion*** / *Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum succisetosum*, variante à *Juncus inflexus*

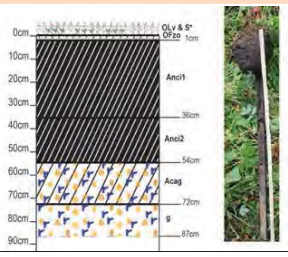
	1977 10m²	2012 10m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**29**	**27**	**32**
Trichophorum cespitosum	3		
Trollius europaeus	2	4	4
Molinia caerulea	2		
Potentilla erecta	2		
Succisa pratensis	2		2a
Galium uliginosum	1	+	+
Carex panicea	1		
Equisetum fluviatile	1		
Eriophorum vaginatum	1		
Parnassia palustris	1		
Primula farinosa	1		
Swertia perennis	1		
Polygonum bistorta	+	3	4
Angelica sylvestris	+	+	2a
Vicia cracca s.str.	+	+	1
Anthoxanthum odoratum	+		
Betula pubescens	+		
Carex nigra	+		
Carex flava	+		
Carex pulicaris	+		
Carex echinata	+		
Potentilla palustris	+		
Crepis paludosa	+		
Eriophorum angustifolium	+		
Galium boreale	+		
Knautia dipsacifolia s.str.	+		
Vaccinium oxycoccos	+		
Pinguicula vulgaris	+		
Viola palustris	r	+	+
Filipendula ulmaria		3	3
Cirsium rivulare		2	2a
Ranunculus aconitifolius		2	3
Deschampsia cespitosa		2	2a
Veratrum album s.l.		2	2a
Aconitum neomontanum		1	1
Alchemilla vulgaris aggr.		1	1
Cruciata laevipes		1	1
Geum rivale		1	1
Juncus effusus		1	2a
Primula elatior s.str.		1	1
Sanguisorba officinalis		1	1
Valeriana dioica		1	1
Chaerophyllum villarsii		+	2b
Dactylis glomerata		+	+
Hypericum maculatum s.str.		+	+
Juncus inflexus		+	1
Lathyrus pratensis		+	+
Leontodon hispidus s.str.		+	+
Poa trivialis s.str.		+	+
Epilobium hirsutum		r	r
Galeopsis tetrahit			+
Rumex acetosa			+
Crepis paludosa			1
Veronica chamaedrys			1

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	10	-	-	100	100	-	-	-
nouveau (RION)	10	0	0	98	1	0	1	1
nouveau (RION)	25	0	0	98	1	0	1	1

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL décarbonaté en surface** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Endostagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
EUANMOOR *(Folic, Ombric)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+3 – 0	**OLv & S***	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu, avec mousses en poche ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 36	**Anci1**	10YR 3/1	1/4	6	Horizon organo-minéral à anmoor ; décarbonatation en cours ; présence de racines et de vers de terre ; aucun élément grossier ; présence de sables ; légèrement humide. Texture limono-argileuse ; structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
36 – 54	**Anci2**	10YR 3/1	1/4	6	Horizon organo-minéral à anmoor ; décarbonatation en cours ; aucun élément grossier ; moins de sables ; très humide. Texture limono-argileuse ; structure pâteuse. Transition nette, limite droite.
54 – 72	**Acag**	GLEY1 5/10Y 10YR 4/1	2/4	6	Horizon organo-minéral carbonaté, avec des traces d'oxydo-réduction ; légèrement humide. Texture sablo-limoneuse ; structure pâteuse, un peu mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
72 – 87	**g**	10YR 6/2 10YR 4/6 GLEY1 5/10Y	2/4	6	Horizon minéral rédoxique, avec marbrures de fer réduit et oxydé ; légèrement humide. Texture sablo-limoneuse ; structure pâteuse et collante. Transition et limite non observées.

Relevé 1647

Coordonnées ± 3m	501163 / 156457 (anciennes GALLANDAT, 15 septembre 1977) 501166 / 156448 (nouvelles RION, 16 juin 2012) 501168 / 156450 (sol et forme d'humus RION, 24 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1052 m
Exposition / relief	160° (Sud-Est) / très légère pente en direction de la tourbière
Pente	2°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « tourbière du Carre » ; au nord de la tourbière du Carre ; derrière des saules ; proche des relevés 1645, 1646 et 1674 ; milieu très humide, sol nu couvert d'eau (2%)

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 10 m²) — *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia* / ***Caricion davallianae*** / Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 10 m² et 25 m²) — *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia* / ***Caricion davallianae*** / *Caricetum davallianae / Caricetum davallianae caricetosum flaccae*, variante à *Swertia perennis*

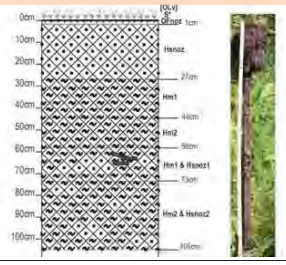
	1977 10m²	2012 10m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**29**	**37**	**44**
Trichophorum cespitosum	3		1
Molinia caerulea	2	3	3
Potentilla erecta	2	2	2a
Swertia perennis	2	2	2a
Briza media	1	1	1
Primula farinosa	1	+	+
Trollius europaeus	1	+	1
Valeriana dioica	1	+	+
Carex panicea	1		
Carex pulicaris	1		
Juncus articulatus	1		
Carex davalliana	+	3	3
Angelica sylvestris	+	1	1
Succisa pratensis	+	2	2a
Crepis paludosa	+	1	2a
Dianthus superbus	+	1	1
Epipactis palustris	+	1	1
Carex flava	+	+	+
Filipendula ulmaria	+	+	1
Geum rivale	+	+	
Sanguisorba officinalis	+	+	+
Vicia cracca s.str.	+	+	+
Eriophorum angustifolium	+		
Eriophorum latifolium	+		+
Galium boreale	+		
Galium uliginosum	+		+
Parnassia palustris	+		
Lotus corniculatus	r	+	+
Polygala amarella	r	+	+
Carex nigra		1	1
Cirsium rivulare		1	1
Festuca rubra aggr.		1	1
Dactylorhiza fistulosa		1	1
Polygonum bistorta		1	1
Agrostis stolonifera		+	+
Alchemilla vulgaris aggr.		+	+
Betula pubescens **H**		+	+
Caltha palustris		+	1
Equisetum fluviatile		+	+
Equisetum palustre		+	+
Lathyrus pratensis		+	+
Luzula multiflora		+	+
Rumex acetosa		+	+
Veratrum album s.l.		+	+
Viola palustris		+	+
Menyanthes trifoliata		r	r
Carex flacca			+
Ranunculus acris subsp. *friesianus*			+
Silene flos-cuculi			+
Anthoxanthum odoratum			1
Eriophorum vaginatum			r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	10	-	-	100	80	-	-	-
nouveau (RION)	10	0	0	95	5	0	5	2
nouveau (RION)	25	0	0	95	5	0	5	2

Sol et forme d'humus (2013)

SOL — **HISTOSOL MÉSIQUE à horizon saprique en surface, calcique, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009) / ***Hemic* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS — **HUMIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011) / **HUMIMODER *(Folic, Ombric, Garbic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon	Analyses de laboratoire
+2 – +1	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poche ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.	
+1 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousse continu ; sec. Transition nette, limite droite.	
0 – 1	**OFnoz**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, non-zoogène ; sec. Transition graduelle, limite droite.	
1 – 27	**Hsnoz**	10YR 2/1	-	5	Horizon histique saprique non-zoogène ; racines ; très humide. Transition graduelle, limite droite.	PAF : 85.29% (MO)
27 – 44	**Hm1**	10YR 3/2	4	5	Horizon histique mésique ; très humide. Transition graduelle, limite droite.	
44 – 58	**Hm2**	10YR 3/4	3	5	Horizon histique mésique ; très humide. Transition graduelle, limite droite.	
58 – 73	**Hm1 & Hsnoz1**	10YR 2/1	5	5	Horizon histique de juxtaposition, mésique avec des poches de fibres plus décomposées ; très humide. Transition graduelle, limite droite.	
73 – 105	**Hm2 & Hsnoz2**	10YR 2/1	5	5	Horizon histique de juxtaposition, mésique avec des poches de fibres plus décomposées ; très humide. Transition et limite non observées.	

Relevé 1674

Coordonnées ± 3m	501043 / 156358 (anciennes GALLANDAT, 21 septembre 1977) 501040 / 156356 (nouvelles RION, 16 juin 2012) 501044 / 156358 (sol et forme d'humus RION, 24 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1045 m
Exposition / relief	290° (Ouest) / très légère pente depuis la tourbière du Carre
Pente	2°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « tourbière du Carre » ; au nord-ouest de la tourbière du Carre ; proche de la frontière (borne et muret) ; quelques petits bouleaux et petits pins présents dans la zone ; en bordure de la tourbière ; proche des relevés 1645, 1646 et 1647 ; présence de bouses de vaches ; milieu très humide mais sans eau apparente ; sphaignes très présentes

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae* / *Tofieldietalia* / ***Caricion davallianae*** / Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae* / *Tofieldietalia* / ***Caricion davallianae*** / Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*

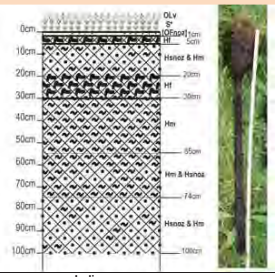
	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**21**	**27**	**27**
Succisa pratensis	3	2	2a
Trichophorum cespitosum	3	2	2a
Potentilla erecta	2	1	1
Nardus stricta	2	+	+
Carex panicea	2	+	+
Festuca ovina aggr.	2		
Swertia perennis	2		
Briza media	1	1	1
Sanguisorba officinalis	1	1	1
Trollius europaeus	1	1	1
Agrostis stolonifera	1		
Carex pulicaris	1		
Danthonia decumbens	1		
Molinia caerulea	+	1	1
Primula farinosa	+	1	1
Carex rostrata	+	+	+
Galium uliginosum	+	+	+
Parnassia palustris	+	+	+
Carex echinata	+		
Luzula multiflora	+		
Valeriana dioica	+		
Carex nigra		1	1
Eriophorum angustifolium		1	1
Valeriana officinalis		1	1
Carex davalliana		+	+
Carex flacca		+	+
Dianthus superbus		+	+
Equisetum variegatum		+	+
Eriophorum vaginatum		+	+
Festuca rubra		+	+
Lathyrus pratensis		+	+
Dactylorhiza incarnata		+	+
Dactylorhiza fistulosa		+	+
Trifolium pratense s.str.		+	+
Polygala amarella		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	60	80	0	40	3
nouveau (RION)	25	0	0	60	80	0	40	3

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, calcique, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Hemic* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **MÉSIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011)
MESIMODER *(Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+4 – +2	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+2 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFnoz]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, non-zoogène ; très humide. Transition nette, limite droite.
1 – 5	**Hf**	10YR 2/1	4	5	Horizon histique très fibreux ; racines ; très humide. Transition nette, limite droite.
5 – 20	**Hsnoz & Hm**	10YR 2/1	5	5	Horizon histique de juxtaposition, saprique avec des poches de fibres; très humide. Transition graduelle, limite droite.
20 – 30	**Hf**	10YR 3/2	4	5.5	Horizon histique très fibreux ; très humide. Transition nette, limite droite.
30 – 55	**Hm**	10YR 2/1	4	5	Horizon histique mésique ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
55 – 74	**Hm & Hsnoz**	10YR 3/1	7	5	Horizon histique de juxtaposition, mésique avec des poches de fibres plus décomposées ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
74 – 100	**Hsnoz & Hm**	10YR 2/1	5	4.5	Horizon histique de juxtaposition, saprique avec des poches de fibres; très humide. Transition et limite non observées.

Relevé 1677

Coordonnées ± 3m	501746 / 156854 (anciennes GALLANDAT, 21 septembre 1977) 501746 / 156852 (nouvelles RION, 29 juin 2012) 501748 / 156850 (sol et forme d'humus RION, 24 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1043 m
Exposition / relief	110° (Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	sur la rive gauche de l'Orbe, dans la zone de tourbière située au nord de la tourbière de la Burtignière ; proche du relevé 1514 ; églantier sur la gauche du relevé ; relevé situé en bordure de la tourbière ; nombreuses buttes et touradons de molinie

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)
*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Festuca rubra*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)
*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Calluna vulgaris*, forme humide à *Vaccinium oxycoccos*

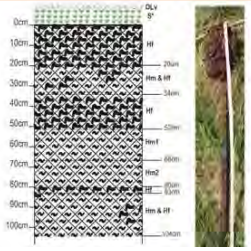
	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**22**	**13**	**13**
Nardus stricta	4		
Potentilla erecta	2	2	2a
Anthoxanthum odoratum	2	1	1
Festuca ovina aggr.	2	1	1
Eriophorum angustifolium	2		
Viola palustris	2		
Carex nigra	1	1	1
Carex echinata	1	+	+
Luzula multiflora	1	+	+
Trichophorum cespitosum	1	+	+
Agrostis capillaris	1		
Carex panicea	1		
Polygonum bistorta	1		
Eriophorum vaginatum	+	3	3
Molinia caerulea	+	2	3
Calluna vulgaris	+	2	2b
Deschampsia cespitosa	+		
Sanguisorba officinalis	+		
Succisa pratensis	+		
Betula pubescens	r		
Gentiana lutea	r		
Salix repens	r		
Carex lasiocarpa		+	+
Vaccinium oxycoccos		+	+
Vaccinium uliginosum		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	65	80	0	35	1
nouveau (RION)	25	0	0	65	80	0	35	1

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques en surface et de profondeur, acide, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Hemic* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **FIBRIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011)
FIBRIMODER *(Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+4 – +3	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+3 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; racines ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 20	**Hf**	10YR 4/4	3	4.5	Horizon histique très fibreux ; racines ; humide. Transition graduelle, limite droite.
20 – 34	**Hm & Hf**	10YR 3/6	3	4.5	Horizon histique de juxtaposition, mésique avec des poches très fibreuses ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
34 – 52	**Hf**	10YR 4/4	3	4	Horizon histique très fibreux ; humide. Transition graduelle, limite droite.
52 – 68	**Hm1**	10YR 3/4	3	4	Horizon histique mésique, fibreux ; humide. Transition graduelle, limite droite.
68 – 80	**Hm2**	10YR 4/2	3	4	Horizon histique mésique, fibreux ; humide. Transition graduelle, limite droite.
80 – 83	**Hf**	10YR 4/6	2	4	Horizon histique très fibreux ; humide. Transition graduelle, limite droite.
83 – 104	**Hm & Hf**	10YR 3/4	2	4	Horizon histique de juxtaposition, mésique avec des poches très fibreuses ; très humide. Transition et limite non observées.

Relevé 1680

Coordonnées ± 3m	502416 / 157146 (anciennes GALLANDAT, 21 septembre 1977) 502419 / 157147 (nouvelles RION, 3 juillet 2012) 502417 / 157139 (sol et forme d'humus RION, 25 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1038 m
Exposition / relief	50° (Nord-Est) / légère pente descendante depuis la tourbière en direction du ruisseau
Pente	5°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	relevé situé en bordure est de la tourbière de la Burtignière, proche de pâturages au sud et plus à l'est, et au bord d'un ruisseau partant du pâturage et allant se jeter dans l'Orbe plus au nord ; proche du relevé 567 situé plus à l'est

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 12 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Calluna vulgaris*, forme sèche

VEGETATION ACTUELLE (RION, 12 m² et 25 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum*, variante à *Calluna vulgaris*, forme sèche

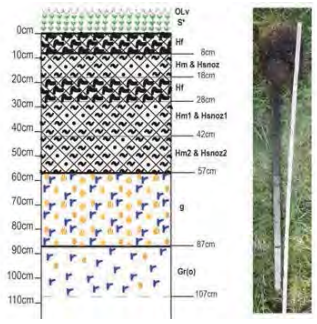
	1977 12m²	2012 12m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**15**	**34**	**35**
Potentilla erecta	3	2	2a
Molinia caerulea	2	3	3
Carex nigra	2	2	2a
Anthoxanthum odoratum	2	+	+
Carex echinata	2	+	+
Calluna vulgaris	1	1	1
Luzula multiflora	1	+	+
Succisa pratensis	1	+	+
Trichophorum cespitosum	1	+	+
Nardus stricta	1		
Solidago virgaurea s.str.	+	2	2a
Equisetum palustre	+	1	1
Eriophorum vaginatum	+	1	1
Melampyrum sylvaticum	+	+	+
Viola palustris	+	+	1
Carex rostrata		1	1
Angelica sylvestris		+	+
Atropa bella-donna		+	+
Carex panicea		+	+
Carex pallescens		+	+
Carex umbrosa		+	+
Festuca rubra		+	+
Galium uliginosum		+	+
Juncus effusus		+	+
Polygonum bistorta		+	+
Sanguisorba officinalis		+	+
Trollius europaeus		+	
Vaccinium uliginosum		+	+
Vaccinium myrtillus		+	+
Veratrum album s.l.		+	+
Betula pubescens **B**		r	r
Betula pubescens **H**		+	+
Cirsium rivulare		r	r
Geranium sylvaticum		r	r
Lathyrus pratensis		r	r
Dactylorhiza fistulosa		r	r
Picea abies **H**			r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	12	-	-	80	100	-	-	-
nouveau (RION)	12	0	0	60	100	0	10	40
nouveau (RION)	25	0	1	60	100	0	10	40

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **RÉDOXISOL épihistique, à horizon réductique de profondeur** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Histic, Endostagnic, Endogleyic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **FIBRIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011) **FIBRIMODER *(Folic, Ombric, Garbic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+4 – +3	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+3 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; racines ; très humide. Transition nette, limite droite.
0 – 8	**Hf**	10YR 4/1	3	4	Horizon histique très fibreux ; racines ; très humide. Transition nette, limite droite.
8 – 18	**Hm & Hsnoz**	10YR 2/1	4	4	Horizon histique de juxtaposition, mésique avec des poches de fibres décomposées ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
18 – 28	**Hf**	10YR 4/4	2	4	Horizon histique très fibreux ; racines ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
28 – 42	**Hm1 & Hsnoz1**	10YR 2/2	4	4	Horizon histique de juxtaposition, mésique avec des poches de fibres décomposées ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
42 – 57	**Hm2 & Hsnoz2**	10YR 2/2	4	4	Horizon histique de juxtaposition, mésique avec des poches de fibres décomposées ; très humide. Transition nette, limite droite.
57 – 87	**g**	GLEY1 7/10Y 10YR 6/6 10YR 7/2	-	5	Horizon minéral rédoxique, avec marbrures de fer réduit et oxydé ; très humide. Texture argileuse ; structure collante. Transition nette, limite droite.
87 – 107	**Gr(o)**	GLEY1 7/10GY GLEY1 8/10Y 10YR 7/6	-	5	Horizon minéral réductique, avec fer réduit ; quelques taches d'oxydation présentes ; très humide. Texture argileuse ; structure collante. Transition et limite non observées.

Relevé 1715

Coordonnées ± 3m	502293 / 156843 (anciennes GALLANDAT, 27 septembre 1977) 502294 / 156844 (nouvelles RION, 3 juillet 2012) 502292 / 156845 (sol et forme d'humus RION, 26 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1050 m
Exposition / relief	140° (Sud-Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	relevé situé en bordure sud de la tourbière de la Burtignière, proche de pâturages au sud ; un bouleau penché sur la droite du relevé, nombreux épicéas et saules sur la gauche ; le milieu est un peu fermé et très humide ; à l'est des relevé 18_08_1988 et 582, situés également en bordure de la même tourbière

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum, variante à Festuca rubra*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion fuscae** / Caricetum fuscae / Caricetum fuscae trichophoretosum, variante à Festuca rubra*

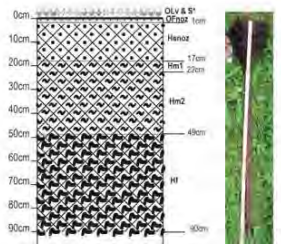
	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**27**	**34**	**34**
Potentilla erecta	2	2	2a
Succisa pratensis	2	2	2a
Anthoxanthum odoratum	2	1	1
Solidago virgaurea s.str.	2	+	+
Viola palustris	2	r	r
Agrostis capillaris	2		
Molinia caerulea	1	4	4
Cirsium palustre	1	2	2a
Festuca rubra aggr.	1	1	1
Galium uliginosum	1	+	+
Luzula multiflora	1	+	+
Trichophorum cespitosum	1	+	+
Carex flacca	1		
Carex panicea	1		
Epilobium palustre	1		
Eriophorum angustifolium	1		
Eriophorum vaginatum	1		
Nardus stricta	1		
Vicia cracca s.str.	1		
Calluna vulgaris	+		
Cardamine pratensis	+		
Carex echinata	+		
Calamagrostis varia	+		
Cerastium arvense s.str.	+		
Filipendula ulmaria	+		
Galium boreale	+		
Galium palustre	+		
Chaerophyllum villarsii		2	2b
Geum urbanum		2	2a
Salix repens **B**		2 2	2a
Salix repens **H**		+	+
Ajuga reptans		1	1
Carex nigra		1	1
Crepis mollis		1	1
Festuca ovina aggr.		1	1
Polygonum bistorta		1	1
Agrostis canina		+	+
Angelica sylvestris		+	+
Leucanthemum vulgare aggr.		+	+
Cirsium rivulare		+	+
Potentilla palustris		+	+
Equisetum palustre		+	+
Melampyrum sylvaticum		+	+
Picea abies **H**		+	+
Valeriana dioica		+	+
Veronica officinalis		+	+
Veratrum album s.l.		+	+
Dactylorhiza fistulosa		r	r
Plantago lanceolata		r	r
Trollius europaeus		r	r
Veronica chamaedrys		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	55	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	10	85	80	0	20	15
nouveau (RION)	25	0	10	85	80	0	20	15

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésiques en surface, acide, mésotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Fibric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **MÉSIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface** (ZANELLA *et al.*, 2011)
MESIMOR *(Drying up at the surface, Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon	Analyses de laboratoire
+2 – 0	**OLv & S°**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu, avec des mousses en poche ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.	
0 – 1	**OFnoz**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, non-zoogène ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.	
1 – 17	**Hsnoz**	10YR 2/1	6	5	Horizon histique saprique non-zoogène ; racines abondantes ; légèrement humide. Texture limono-argileuse. Transition graduelle, limite droite.	PAF : 88.65% (MO)
17 – 22	**Hm1**	10YR 2/3	4	4.5	Horizon histique mésique, fibreux ; très humide. Transition graduelle, limite droite.	
22 – 49	**Hm2**	10YR 4/4	3	4	Horizon histique mésique, fibreux ; très humide. Transition graduelle, limite droite.	
49 – 90	**Hf**	10YR 5/6	2	4	Horizon histique très fibreux ; très humide. Transition et limite non observées.	

Relevé 1716

Coordonnées ± 3m	502086 / 156957 (anciennes GALLANDAT, 28 septembre 1977) 502083 / 156954 (nouvelles RION, 3 juillet 2012) 502079 / 156951 (sol et forme d'humus RION, 26 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1038 m
Exposition / relief	100° (Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	relevé situé en bordure nord de la tourbière de la Burtignière, proche de l'Orbe plus au nord ; zone ouverte couverte de touradons de molinie ; dans la zone des relevés 570, 571, 572, 576 et 577, mais plus proche de la tourbière

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** /* Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** /* Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*

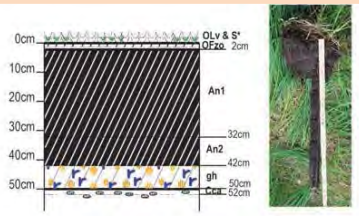
	1977 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**34**	**30**	**30**
Trollius europaeus	3	+	+
Carex acutiformis	3		
Carex umbrosa	3		
Swertia perennis	2	2	2a
Sanguisorba officinalis	2	+	+
Molinia caerulea	1	4	4
Carex davalliana	1	1	1
Deschampsia cespitosa	1	+	+
Filipendula ulmaria	1	+	+
Potentilla erecta	1	+	+
Succisa pratensis	1	+	+
Cirsium palustre	1		
Galium uliginosum	1		
Geum rivale	1		
Lathyrus pratensis	1		
Polygonum bistorta	1		
Valeriana dioica	1		
Angelica sylvestris	+	1	1
Caltha palustris	+	1	1
Carex panicea	+	+	+
Crepis mollis	+	+	+
Galium boreale	+	+	+
Aconitum neomontanum	+	r	r
Agrostis capillaris	+		
Agrostis stolonifera	+		
Festuca rubra aggr.	+		
Galium palustre	+		
Gentiana lutea	+		
Luzula campestris	+		
Poa pratensis	+		
Primula elatior s.str.	+		
Pulmonaria officinalis	+		
Thesium pyrenaicum	+		
Veratrum album s.l.	+		
Carex flava		2	2a
Carex sempervirens		1	1
Festuca ovina aggr.		1	1
Briza media		+	+
Carex flacca		+	+
Carex nigra		+	+
Galium mollugo s.str.		+	+
Primula farinosa		+	+
Scabiosa lucida		+	+
Vicia cracca s.str.		+	+
Centaurea montana		r	r
Equisetum palustre		r	r
Leontodon hispidus s.str.		r	r
Picea abies **H**		r	r
Thalictrum aquilegiifolium		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	50	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	70	1	0	30	30
nouveau (RION)	25	0	0	70	1	0	30	30

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL leptique, à horizon g humifère** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Fibric* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
EUANMOOR *(Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv & S***	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu, avec des mousses en poche ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 2	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
2 – 32	**An1**	10YR 2/1	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor, racines présentes ; beaucoup de sables ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
32 – 42	**An2**	10YR 2/1	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor, fibres présentes ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
42 – 50	**gh**	GLEY1 5/5GY 10YR 5/8	0/4	5	Horizon minéral rédoxique humifère, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé, et contenant de la matière organique en poche ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure massive. Transition nette, limite droite.
50 – 52	**Cca**	10YR 7/6	4/4	7	Horizon minéral calcaire, composé de cailloux et de graviers (< 1cm) ; légèrement humide. Transition et limite non observées.

Relevé 1719

Coordonnées ± 3m	503132 / 157565 (anciennes GALLANDAT, 28 septembre 1977) 503132 / 157568 (nouvelles RION, 27 juillet 2012) 503134 / 157568 (sol et forme d'humus RION, 25 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1044 m
Exposition / relief	330° (Nord-Ouest) / en légère pente vers le ruisseau à l'ouest
Pente	2°
Utilisation humaine	pâturé
Repères, remarques	dans la zone de la tourbière de la Pisse-Vache ; relevé situé en bordure nord de la tourbière ; au bord et au sud de la route principale Le Brassus – Bois d'Amont (France) ; proches du relevé 1574 ; pâturé et piétiné par les vaches, d'où la présence de nombreux trous, remplis d'eau ; présence d'un ruisseau vers l'ouest partant de la tourbière et passant sous la route

Végétation (1977 ; 2012)

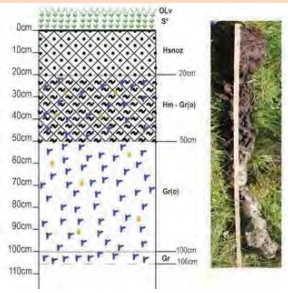
VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Cirsio-Juncetum / Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*, variante à *Blysmus compressus*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Cirsio-Juncetum / Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*, variante à *Blysmus compressus*

	1977 25m²	2012 25m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**34**	**42**	**42**
Carex panicea	3	+	+
Juncus effusus	2	2	2a
Carex hirta	2	1	1
Trifolium repens s.str.	2	1	1
Valeriana dioica	2	+	+
Carex davalliana	2		
Festuca pratensis s.str.	1	2	2a
Blysmus compressus	1	2	2a
Caltha palustris	1	2	2a
Anthoxanthum odoratum	1	1	1
Cirsium palustre	1	1	1
Galium uliginosum	1	1	1
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	1	1	1
Agrostis stolonifera	1	+	+
Briza media	1	+	+
Cynosurus cristatus	1	+	+
Festuca rubra	1	+	+
Trifolium pratense s.str.	1	+	+
Carex leporina	1		
Centaurea jacea s.str.	1		
Geum rivale	1		
Polygonum bistorta	1		
Poa pratensis	1		
Carex nigra	+	1	1
Juncus articulatus	+	1	1
Myosotis scorpioides	+	1	1
Poa trivialis s.str.	+	+	+
Ranunculus repens	+	+	+
Equisetum palustre	+	+	+
Eriophorum angustifolium	+	+	+
Filipendula ulmaria	+	+	+
Leontodon hispidus s.str.	+	r	r
Ajuga reptans	+		
Silene flos-cuculi	+		
Juncus inflexus		2	2a
Phleum pratense		1	1
Cardamine pratensis		+	+
Cirsium rivulare		+	+
Epilobium palustre		+	+
Epilobium parviflorum		+	+
Galium mollugo s.str.		+	+
Geranium sylvaticum		+	+
Glyceria notata		+	+
Dactylorhiza fistulosa		+	+
Plantago lanceolata		+	+
Prunella vulgaris		+	+
Succisa pratensis		+	+
Veronica beccabunga		+	+
Crepis paludosa		r	r
Silene dioica		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	25	-	-	100	80	-	-	-
nouveau (RION)	25	0	0	70	80	0	2	30

Sol et forme d'humus (2013)

SOL	**RÉDUCTISOL TYPIQUE épihistique** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Histic, Epigleyic* Gleysol** (WRB, 2006)
FORME D'HUMUS	**SAPRIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011) **SAPRIMODER *(Folic, Garbic, Gleyic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+4 – +3	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
+3 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 20	**Hsnoz**	10YR 2/1	0/4	5	Horizon histique saprique, non-zoogène ; racines ; compact ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.
20 – 50	**Hm – Gr(o)**	10YR 3/1 GLEY2 4/10B	0/4	5	Horizon de transition, avec un mélange d'horizon histique avec fibres et un horizon réductique avec fer réduit ; quelques taches de fer oxydé ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure collante. Transition graduelle, limite droite.
50 – 100	**Gr(o)**	GLEY2 6/5B GLEY1 6/10Y	0/4	6	Horizon minéral réductique, avec fer réduit ; quelques taches d'oxydation présentes ; légèrement humide. Texture argileuse ; structure collante. Transition graduelle, limite droite.
100 – 106	**Gr**	GLEY1 6/10Y	4/4	6	Horizon minéral réductique, avec fer réduit ; quelques cailloux présents ; légèrement humide. Texture argileuse ; structure collante. Transition et limite non observées.

Relevé 1723

Coordonnées ± 3m	502044 / 156526 (anciennes GALLANDAT, 19 octobre 1977) 502043 / 156523 (nouvelles RION, 16 juillet 2012) 502049 / 156026 (sol et forme d'humus RION, 25 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1042 m
Exposition / relief	300° (Nord-Ouest) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune (clôturé)
Repères, remarques	dans la zone de la tourbière de la Burtignière (au sud-ouest de celle-ci) ; à l'est de la forêt du « Bois du Carre » ; au nord de la route principale Le Brassus – Bois d'Amont ; bosquet de saules présent derrière le relevé (au nord) ; relevé séparé du pâturage présent au sud par une barrière ; légère pente depuis le pâturage ; proche du relevé 1724, situé plus au nord derrière les saules

Végétation (1977 ; 2012)

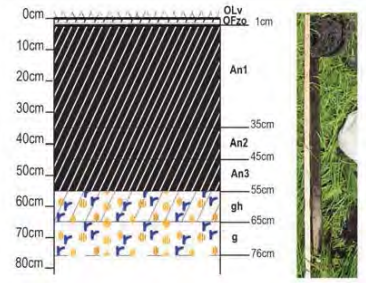
VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Cirsio-Juncetum / Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*, variante à *Blysmus compressus*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum succisetosum*, variante à *Juncus inflexus*

	1977 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**39**	**16**	**16**
Filipendula ulmaria	2	5	5
Agrostis stolonifera	2		
Carex panicea	2		
Carex hirta	2		
Centaurea jacea s.str.	2		
Deschampsia cespitosa	2		
Juncus effusus	2		
Succisa pratensis	2		
Caltha palustris	1	2	2a
Valeriana dioica	1	1	1
Cirsium palustre	1	+	+
Anthoxanthum odoratum	1		
Sanguisorba officinalis	1	+	+
Briza media	1		
Carex davalliana	1		
Carex flacca	1		
Cardamine pratensis	1		
Carex flava	1		
Dactylis glomerata	1		
Festuca rubra aggr.	1		
Geum rivale	1		
Phleum pratense	1		
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	1		
Cirsium rivulare	+	3	3
Polygonum bistorta	+	2	2a
Carex leporina	+		
Chaerophyllum hirsutum	+		
Crepis paludosa	+		
Cynosurus cristatus	+		
Festuca pratensis s.str.	+		
Mentha arvensis	+		
Myosotis scorpioides	+		
Potentilla erecta	+		
Poa trivialis s.str.	+		
Prunella vulgaris	+		
Scirpus sylvaticus	+		
Swertia perennis	+		
Trollius europaeus	+		
Trifolium pratense s.str.	+		
Carex paniculata		1	1
Chaerophyllum villarsii		1	1
Cirsium oleraceum		1	1
Juncus inflexus		1	1
Equisetum palustre		+	+
Galeopsis tetrahit		+	+
Galium uliginosum		+	+
Lathyrus pratensis		+	+
Veratrum album s.l.		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	90	1	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	100	3	0	10	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	3	0	10	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL	**RÉDOXISOL à horizon g humifère** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Endostagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)
FORME D'HUMUS	**EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011) **EUANMOOR *(Folic, Ombric)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon	Analyses de laboratoire
+1 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.	
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.	
1 – 35	**An1**	10YR 2/1	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor, racines et vers de terre présentes ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.	PAF : 58.83% (MO) C org : 14% **Insaturé (mésosaturé)** V = (S/T)*100= 63.82% **Texture argileuse** 59% argiles / 32% limons / 9% sables
35 – 45	**An2**	10YR 2/1 10YR 3/4	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor, racines présentes ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.	PAF : 54.77% (MO) **Insaturé (mésosaturé)** V = (S/T)*100= 58.92% **Texture argileuse** 62% argiles / 28% limons / 10% sables

45 – 55	**An3**	10YR 2/1 10YR 3/4	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse et plastique. Transition graduelle, limite droite.	PAF : 51.89% (MO) **Insaturé (mésosaturé)** V = (S/T)*100= 63.15% **Texture argileuse** 63% argiles / 26% limons / 11% sables
55 – 65	**gh**	10YR 4/1 GLEY1 4/10YR	0/4	5	Horizon minéral rédoxique humifère, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure plastique. Transition graduelle, limite droite.	
65 – 76	**g**	GLEY1 5/10YR	0/4	5	Horizon minéral rédoxique humifère, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse ; structure plastique. Transition et limite non observées.	

Relevé 1724

Coordonnées ± 3m	502037 / 156561 (anciennes GALLANDAT, 19 octobre 1977) 502039 / 156557 (nouvelles RION, 16 juillet 2012) 502035 / 156560 (sol et forme d'humus RION, 25 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1043 m
Exposition / relief	314° (Nord-Ouest) / très légère pente en direction du pâturage (nord)
Pente	1°
Utilisation humaine	pâturé
Repères, remarques	dans la zone de la tourbière de la Burtignière (au sud-ouest de celle-ci) ; à l'est de la forêt du « Bois du Carre » ; au nord de la route principale Le Brassus – Bois d'Amont ; bosquet de saules présent au sud du relevé ; relevé situé dans le pâturage ; proche du relevé 1723 ; proche de la barrière, qui fait un angle droit ; présence de planches et de trous de vaches dans le relevé ; très humide, eau apparente, et présence de grenouilles

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** /* Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpinoarticulatus*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** /* Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpinoarticulatus*

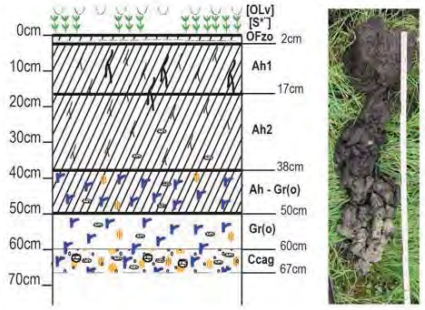
	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**12**	**46**	**46**
Glyceria notata	4	2	2a
Ranunculus repens	2	1	1
Juncus articulatus	2		
Mentha arvensis	2		
Myosotis scorpioides	1	1	1
Juncus effusus	1	+	+
Veronica beccabunga	1	+	+
Caltha palustris	+	2	2a
Agrostis stolonifera	+	1	1
Trifolium repens s.str.	+	+	+
Cerastium fontanum subsp. *vulgare*	+	r	r
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	+		
Juncus inflexus		2	2a
Juncus compressus		1	1
Carex flava		1	1
Carex rostrata		1	1
Juncus alpinoarticulatus		1	1
Valeriana dioica		1	1
Alchemilla vulgaris aggr.		+	+
Anthoxanthum odoratum		+	+
Blysmus compressus		+	+
Briza media		+	+
Carex flacca		+	+
Carex nigra		+	+
Carex hirta		+	+
Carex pallescens		+	+
Chaerophyllum villarsii		+	+
Cirsium palustre		+	+
Cirsium rivulare		+	+
Crepis paludosa		+	+
Cynosurus cristatus		+	+
Dactylis glomerata		+	+
Deschampsia cespitosa		+	+
Epilobium hirsutum		+	+
Equisetum palustre		+	+
Filipendula ulmaria		+	+
Galium mollugo s.str.		+	+
Galium uliginosum		+	+
Lathyrus pratensis		+	+
Leontodon hispidus s.str.		+	+
Polygonum bistorta		+	+
Potentilla erecta		+	+
Silene flos-cuculi		+	+
Trifolium pratense s.str.		+	+
Valeriana officinalis		r	r
Veronica chamaedrys		r	r
Angelica sylvestris		r	r
Cardamine pratensis		r	r
Cirsium oleraceum		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	80	0	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	55	65	0	0	45
nouveau (RION)	25	0	0	55	65	0	0	45

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDUCTISOL TYPIQUE leptique, à horizons A humifères en surface** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epigleyic* Gleysol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
Stagnic* DYSMULL *(Drying up at the surface, Gleyic) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon	Analyses de laboratoire
+3 – +2	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poche ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.	
+2 – 0	**[S*]**	-	-	-	Horizon de mousses continu ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.	
0 – 2	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.	
2 – 17	**Ah1**	7.5YR 2.5/1	0/4	6	Horizon organo-minéral humifère ; racines présentes ; beaucoup de minéral ; légèrement humide. Texture argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.	PAF : 41.78% (MO) C org : 18% **Insaturé (mésosaturé)** V = (S/T)*100= 69.32% **Texture argileuse** 59% argiles / 32% limons / 9% sables

17 – 38	**Ah2**	7.5YR 2.5/1	0/4	6	Horizon organo-minéral humifère ; racines présentes ; quelques cailloux présents ; légèrement humide. Texture argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.	PAF : 20.84% (MO)
38 – 50	**Ah – Gr(o)**	7.5YR 2.5/1	0/4	5	Horizon de transition, avec un mélange d'horizon organo-minéral humifère et d'horizon réductique ; traces d'oxydation ; légèrement humide. Texture argileuse, structure pâteuse. Transition nette, limite droite.	
50 – 60	**Gr(o)**	GLEY1 5/10Y	0/4	5	Horizon minéral réductique, avec fer réduit ; taches d'oxydation présentes ; légèrement humide. Texture argileuse, structure pâteuse. Transition nette, limite droite.	
60 – 67	**Ccag**	GLEY1 8/10Y GLEY1 5/10Y	4/4	7	Horizon minéral composé de cailloux et de graviers calcaires ; quelques traces d'oxydo-réduction ; légèrement humide. Texture argileuse, structure pâteuse. Transition et limite non observées.	

Relevé 1727

Coordonnées ± 3m	501922 / 156982 (anciennes GALLANDAT, 20 octobre 1977) 501923 / 156984 (nouvelles RION, 20 juillet 2012) 501924 / 156891 (sol et forme d'humus RION, 25 juillet 2013)
Lieu	**La Burtignière**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1040 m
Exposition / relief	332° (Nord-Ouest) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune (clôturé)
Repères, remarques	sur la rive gauche de l'Orbe, au nord de la tourbière de la Burtignière et au nord-est d'une autre tourbière et du relevé 1677 ; situé en face et au sud du relevé 1514 ; le pâturage est présent au nord ; saules et *Cynosurion* à proximité du relevé ; ruissellement provenant du pâturage et allant en direction de l'Orbe situé plus au sud

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum potentilletosum*, variante à *Carex davalliana*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Flipenduletum / Aconito-Filipenduletum typicum*, variante à *Trollius europaeus*

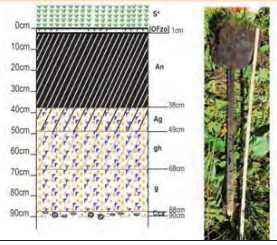
	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**41**	**15**	**14**
Carex davalliana	3		
Filipendula ulmaria	2	4	4
Valeriana dioica	2	1	1
Carex panicea	2	+	+
Juncus effusus	2	+	+
Trollius europaeus	1	3	3
Polygonum bistorta	1	2	2a
Agrostis stolonifera	1	+	+
Sanguisorba officinalis	1	+	+
Vicia cracca s.str.	1	r	r
Anthoxanthum odoratum	1		
Briza media	1		
Cardamine pratensis	1		
Carex flava	1		
Carex hirta	1		
Centaurea jacea s.str.	1		
Festuca rubra	1		
Geum rivale	1		
Leontodon hispidus s.str.	1		
Potentilla erecta	1		
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	1		
Succisa pratensis	1		
Swertia perennis	1		
Trifolium pratense s.str.	1		
Caltha palustris	+	2	2b
Aconitum neomontanum	+	1	1
Primula elatior s.str.	+	r	
Veratrum album s.l.	+	r	r
Carex flacca	+		
Cerastium arvense s.str.	+		
Cerastium fontanum subsp. *vulgare*	+		
Dianthus superbus	+		
Galium uliginosum	+		
Lotus corniculatus	+		
Poa pratensis	+		
Primula farinosa	+		
Rhinanthus minor	+		
Scirpus sylvaticus	+		
Silene flos-cuculi	+		
Trifolium repens s.str.	+		
Veronica chamaedrys	+		
Cirsium rivulare		+	+
Lathyrus pratensis		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	80	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	100	25	0	35	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	25	0	35	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **RÉDOXISOL à horizon g humifère** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011) **EUANMOOR *(Folic, Ombric)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+7 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
1 – 38	**An**	10YR 2/1	0/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor, racines et vers de terre présentes ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse et pâteuse. Transition graduelle, limite droite.
38 – 49	**Ag**	10YR 3/1	0/4	5	Horizon organo-minéral avec taches d'oxydo-réduction ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse et pâteuse. Transition graduelle, limite droite.
49 – 68	**gh**	10YR 3/1 10YR 4/1	0/4	6	Horizon minéral rédoxique humifère, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; légèrement humide. Texture argileuse ; structure plastique. Transition graduelle, limite droite.
68 – 88	**g**	10YR 8/8 GLEY1 5G 6/2 GLEY1 6/10Y 10YR 7/8	0/4	5	Horizon minéral rédoxique, avec des marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; légèrement humide. Texture argileuse ; structure plastique. Transition graduelle, limite droite.
88 – 90	**Cca**	WHITE2.5Y 8/1	3/4	7	Horizon minéral composé de cailloux et graviers calcaires (< 6cm) ; légèrement humide. Transition et limite non observées.

Relevé 506

Coordonnées ± 3m	509063 / 163060 (anciennes GALLANDAT, 30 juillet 1974) 509063 / 163058 (nouvelles RION, 28 juin 2012) 509067 / 163056 (sol et forme d'humus RION, 12 août 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1004 m
Exposition / relief	170° (Sud) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Aux Vieux Cheseaux », dans un bas-marais ; proche des relevés 507, 508, 1351 et 1352 ; proche du chemin inondé allant au champ situé plus au nord ; eau présente dans le relevé et recouvre toutes les parties sans végétation (10%)

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 50 m²) — *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum typicum*, variante à *Carex flacca*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 50 m² et 25 m²) — *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum typicum*, variante à *Carex flacca*

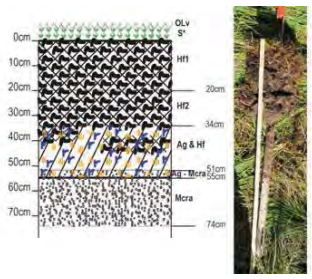
	1974 50m²	2012 50m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**15**	**12**	**12**
Schoenus ferrugineus	2	2	2b
Succisa pratensis	2	2	2a
Molinia caerulea	2	1	1
Carex davalliana	1	1	1
Salix repens **B**	1	r	
Salix repens **H**		r	r
Potentilla erecta	1		
Carex elata	+	3	3
Carex flacca	+		
Carex hostiana	+		
Carex panicea	+		
Galium boreale	+		
Parnassia palustris	+		
Pinguicula vulgaris	+		
Arenaria serpyllifolia	r		
Phyleuma orbiculare	r		
Carex lasiocarpa		3	3
Phragmites australis		1	1
Eriophorum latifolium		+	+
Galium uliginosum		+	+
Gymnadenia conopsea		+	+
Primula farinosa		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	50	-	-	100	40	-	-	-
nouveau (RION)	50	0	0	55	70	0	60	0
nouveau (RION)	25	0	0	55	70	0	60	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL — **RÉDOXISOL épihistique, issu de craie lacustre** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epistagnic, Histic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS — **EPIHISTOMOR** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Epihistic, Fluvic* HISTOMOR *(Folic, Ombric, Garbic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	HCl	pH	Description de l'horizon
+5 – +3	**OLv**	-	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; très humide. Transition nette, limite droite.
+3 – 0	**S***	-	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; très humide. Transition nette, limite droite.
0 – 20	**Hf1**	10YR 3/1	2	0/4	5	Horizon histique très fibreux ; racines abondantes ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
20 – 34	**Hf2**	10YR 2/2	5	0/4	5	Horizon histique très fibreux ; racines abondantes ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
34 – 51	**Ag & Hf**	10YR 4/1	5	0/4	5	Horizon de juxtaposition, avec horizon organo-minéral composé de taches d'oxydo-réduction, ainsi que de fibres en poches ; très humide. Texture sableuse, structure particulaire et un peu massive. Transition graduelle, limite droite.
51 – 55	**Ag - Mcra**	10YR 4/1 WHITE2.5Y 9.5/1	-	2/4	6	Horizon de transition, avec mélange d'horizon organo-minéral et de craie lacustre ; présence de taches d'oxydo-réduction, très humide. Texture sablo-limoneuse, structure particulaire et un peu massive. Transition nette, limite droite.
55 – 74	**Mcra**	WHITE2.5Y 9.5/1	-	3/4	8	Horizon minéral, composé de craie lacustre (sables et limons principalement) ; coquillages présents ; très humide. Texture sablo-limoneuse, structure particulaire et un peu massive. Transition et limite non observées.

Relevé 507

Coordonnées ± 3m	508957 / 163016 (anciennes GALLANDAT, 30 juillet 1974) 508956 / 163016 (nouvelles RION, 9 août 2012) 508954 / 163019 (sol et forme d'humus RION, 12 août 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1000 m
Exposition / relief	30° (Nord-Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Aux Vieux Cheseaux », dans un bas-marais ; proche des relevés 506, 508, 1351 et 1352 ; en face d'un épicéa plus au nord vers le lac

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 100 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia* / ***Caricion davallianae*** / *Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum typicum,* variante typique
VEGETATION ACTUELLE (RION, 100 m² et 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia* / ***Caricion davallianae*** / *Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum typicum,* variante typique

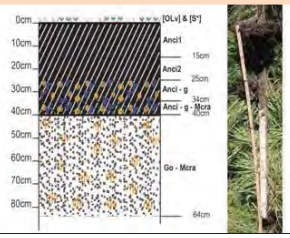
	1974 100m²	2012 100m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**17**	**12**	**12**
Molinia caerulea	3	2	2b
Schoenus ferrugineus	2	3	3
Succisa pratensis	2	1	1
Phragmites australis	1	1	1
Potentilla erecta	1	1	1
Salix repens **B**	1	1	
Salix repens **H**			1
Swertia perennis	1	1	+
Carex flacca	1		
Galium boreale	1		
Sanguisorba officinalis	+	+	+
Silaum silaus	+	r	r
Campanula rotundifolia	+		
Colchicum autumnale	+		
Festuca ovina aggr.	+		
Vicia cracca s.str.	+		
Phyteuma orbiculare	r		
Trollius europaeus	r		
Festuca rubra aggr.		1	1
Carex panicea		+	+
Betula pubescens **H**		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	100	-	-	50	-	-	-	-
nouveau (RION)	100	0	0	75	20	0	100	25
nouveau (RION)	25	0	0	75	20	0	100	25

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre** (BAIZE & GIRARD, 2009)
Epistagnic, Epigleyic **Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
Fluvic **EUANMOOR** (***Folic, Ombric, Gleyic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon	Analyse de laboratoire
+1 – 0	**[OLv] & [S*]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches et mousses en poches ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.	
0 – 15	**Anci1**	10YR 2/1	1/4	6	Horizon organo-minéral à anmoor décarbonaté ; racines présentes ; légèrement humide. Texture argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.	**PAF** : 48% (MO) **Corg** : ~29% **Saturé :** **V=S/T=** 91.44% **Texture argileuse :** 62% argiles / 35% limons / 3% sables
15 – 25	**Anci2**	7.5YR 2/1	1/4	6	Horizon organo-minéral à anmoor décarbonaté ; racines présentes ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.	
25 – 34	**Anci – g**	10YR 3/1 + 10YR 7/1	1/4	6.5	Horizon de transition, avec mélange d'horizon organo-minéral à anmoor et d'horizon rédoxique ; taches d'oxydo-réduction présentes ; légèrement humide. Texture argileuse, structure massive. Transition graduelle, limite droite.	
34 – 40	**Anci – g – Mcra**	10YR 8/1	2/4	6.5	Horizon de transition, avec mélange d'horizon organo-minéral à anmoor, d'horizon rédoxique et de craie lacustre ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure massive. Transition graduelle, limite droite.	
40 – 84	**Go – Mcra**	10 YR 8/1	3/4	8	Horizon de transition minéral, avec mélange d'horizon réductique (fer oxydé) et de craie lacustre ; légèrement humide. Texture sablo-argileuse, structure massive. Transition et limite non observées.	

Relevé 508

Coordonnées ± 3m	509018 / 163027 (anciennes GALLANDAT, 30 juillet 1974) 509016 / 163026 (nouvelles RION, 9 août 2012) 509018 / 163026 (sol et forme d'humus RION, 12 août 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	998 m
Exposition / relief	136° (Sud-Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Aux Vieux Cheseaux », dans un bas-marais, en bordure du *Molinion*, à côté d'une zone riche en *Phragmites communis* ; proche des relevés 506, 507, 1351 et 1352 ; en face d'un bosquet d'arbres plus au nord vers le lac ; plus humide que le relevé 507

Végétation (1974 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum typicum,* variante à *Carex flacca*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum typicum,* variante à *Carex flacca*

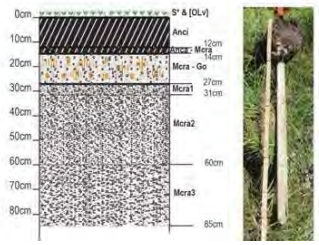
	1974 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**13**	**13**	**11**
Schoenus ferrugineus	2	3	3
Molinia caerulea	2	2	2b
Potentilla erecta	2	1	1
Succisa pratensis	2	1	+
Phragmites australis	2		
Parnassia palustris	1	1	+
Sanguisorba officinalis	+	+	
Gymnadenia conopsea	+		
Dactylorhiza fistulosa	+		
Pinguicula vulgaris	+		
Primula farinosa	+		
Salix repens	+		
Swertia perennis	+		
Carex elata		2	2a
Festuca rubra aggr.		1	1
Carex davalliana		+	+
Carex panicea		+	+
Equisetum variegatum		+	+
Eriophorum angustifolium		+	+
Linum catharticum		+	

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	95	30	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	75	0	0	100	25
nouveau (RION)	25	0	0	75	0	0	100	25

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDUCTISOL TYPIQUE leptique, fluvique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epigleyic, Fluvic* Gleysol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Fluvic* EUANMOOR (*Folic, Ombric, Gleyic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**S° & [OLv]**	-	-	-	Horizon de mousses continu, avec feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches ; humide. Transition nette, limite droite.
0 – 12	**Anci**	10YR 2/2	1/4	6	Horizon organo-minéral à anmoor décarbonaté ; racines présentes ; très humide. Texture argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
12 – 14	**Anca – Mcra**	10YR 3/3	2/4	6.5	Horizon de transition, avec mélange d'horizon organo-minéral à anmoor et de craie lacustre ; racines présentes ; très humide. Texture argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
14 – 27	**Mcra – Go**	WHITE2.5 Y 8.5/1 WHITE7.5 YR /9/2	4/4	8	Horizon de transition minéral, avec mélange de craie lacustre et d'horizon réductique (fer oxydé) ; très humide. Texture limono-argileuse, structure massive. Transition nette, limite droite.
27 – 31	**Mcra1**	WHITE2.5 Y 8.5/1	4/4	8	Horizon minéral de craie lacustre ; très humide ; beaucoup de sables fins. Texture limono-sableuse, structure massive à particulaire. Transition graduelle, limite droite.
31 – 60	**Mcra2**	WHITE2.5 Y 8.5/1	4/4	8	Horizon minéral de craie lacustre ; très humide. Texture limono-sableuse, structure massive à particulaire. Transition graduelle, limite droite.
60 – 85	**Mcra3**	WHITE2.5 Y 8.5/1	4/4	8	Horizon minéral de craie lacustre ; très humide ; beaucoup de sables grossiers. Texture limono-sableuse, structure massive à particulaire. Transition et limite non observées.

Relevé 698

Coordonnées ± 3m	508398 / 162724 (anciennes GALLANDAT, 16 juillet 1975) 508396 / 162724 (nouvelles RION, 19 juin 2012) 508397 / 162727 (sol et forme d'humus RION, 22 juillet 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1004 m
Exposition / relief	350° (Nord) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Tête du Lac » ; quelques petits épicéas sont présents ici-et-là ; la zone a été fauchée en automne 2012 ; la zone comprend des beaux touradons de *Schoenus ferrugineus*.

Végétation (1975 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 200 m²) — *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum typicum*, variante à *Carex flacca*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 200 m² et 25 m²) — *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum typicum*, variante à *Carex flacca*

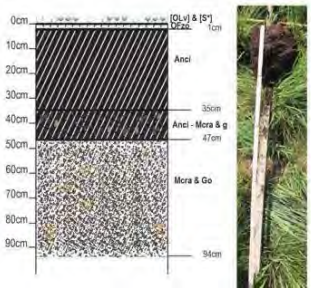
	1975 200m²	2012 200m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**17**	**15**	**9**
Molinia caerulea	3	2	3
Schoenus ferrugineus	2	4	4
Succisa pratensis	2	2	1
Trichophorum cespitosum	1	2	+
Potentilla erecta	1	1	1
Carex panicea	1		
Carex davalliana	+	+	
Galium boreale	+	+	+
Carex nigra	+		
Festuca ovina aggr.	+		
Gymnadenia conopsea	+		
Pinguicula vulgaris	+		
Salix repens	+		
Scabiosa lucida	+		
Carex hostiana	r	+	+
Parnassia palustris	r	+	
Phyteuma spicatum	r		
Festuca rubra aggr.		1	1
Cirsium palustre		+	+
Galium uliginosum		+	
Linum catharticum		+	
Vicia cracca s.str.		+	
Picea abies **H**		r	

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	200	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	200	0	0	70	5	0	30	3
nouveau (RION)	25	0	0	70	5	0	30	3

Sol et forme d'humus (2013)

SOL — **RÉDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epistagnic, Epigleyic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS — **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Fluvic* EUANMOOR (*Folic, Ombric, Gleyic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+1 – 0	**[OLv] & [S*]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches et mousses en poches ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentée, zoogène ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
1 – 35	**Anci**	10YR 2/1	1/4	6	Horizon organo-minéral à anmoor décarbonaté ; racines présentes ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
35 – 47	**Anci – Mcra & g**	10YR 2/1 + 10YR 7/1	3/4	6	Horizon de transition, avec mélange d'horizon organo-minéral à anmoor et de craie lacustre ; horizon rédoxique (marbrures de fer réduit et oxydé) présent en poches ; légèrement humide. Texture sablo-argileuse, structure massive. Transition nette, limite droite.
47 – 94	**Mcra & Go**	10YR 7/1	3/4	7	Horizon minéral calcaire de juxtaposition, principalement composé de craie lacustre ; présence d'horizon réductique avec fer oxydé ; légèrement humide ; nombreux coquillages dans la craie lacustre ; bien trié ; beaucoup de sables. Texture sablo-argileuse, structure massive et un peu particulaire. Transition et limite non observées.

Relevé 699

Coordonnées ± 3m	508499 / 162810 (anciennes GALLANDAT, 16 juillet 1975) 508499 / 162812 (nouvelles RION, 19 juin 2012) 508496 / 162808 (sol et forme d'humus RION, 22 juillet 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1007 m
Exposition / relief	5° (Nord) / plat
Pente	2°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Tête du Lac » ; maisonnette et forêt sur la droite du relevé ; lac de Joux présent à l'arrière à quelques mètres ; dans une petite cuvette très humide ; présence d'eau et de touradons de *Schoenus ferrugineus* ; bouleaux et saules présents en assez grande quantité

Végétation (1975 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum typicum*, variante à *Carex flacca*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum typicum*, variante à *Carex flacca*

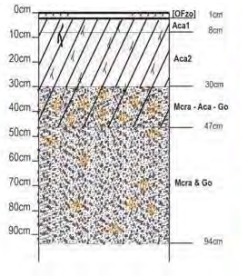
	1975 30m²	2012 30m²		2012 25m²
nombre d'espèces	**20**	**18**		**18**
Molinia caerulea	2	2		2a
Schoenus ferrugineus	2	3		3
Phragmites australis	2	1		1
Potentilla erecta	2	1		1
Succisa pratensis	1	2		2a
Primula farinosa	1	1		1
Salix repens **B**	1	1	1	1
Salix repens **H**			+	
Carex flava	1	+		+
Cirsium palustre	1	+		+
Parnassia palustris	1	+		+
Vicia cracca s.str.	1	+		+
Festuca ovina	1			
Pinguicula vulgaris	1			
Betula pubescens **B**	+	2	2	2a
Betula pubescens **H**			+	
Carex davalliana	+	+		+
Carex flacca	+	+		+
Sanguisorba officinalis	+	+		+
Carex panicea	+			
Deschampsia cespitosa	+			
Mentha aquatica	+			
Carex acuta		+		+
Festuca rubra aggr.		+		+
Filipendula ulmaria		+		+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	20	55	35	0	60	12
nouveau (RION)	25	0	15	55	30	0	60	10

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre** (BAIZE & GIRARD, 2009)
Epigleyic* Gleysol *(Calcaric) (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
Stagnic, Fluvic* OLIGOMULL *(Calcaric, Gleyic) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentée, zoogène ; humide. Transition nette, limite droite.
1 – 8	**Aca1**	10YR 3/2	3/4	7	Horizon organo-minéral carbonaté ; racines présentes ; humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
8 – 30	**Aca2**	10YR 4/2	3/4	7	Horizon organo-minéral carbonaté ; racines présentes ; humide ; beaucoup de sables, présence de squelette de < 1 cm et de racines. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
30 – 47	**Mcra – Aca – Go**	10YR 6/1	3/4	7	Horizon de transition carbonaté, avec mélange d'horizon organo-minéral, de craie lacustre et d'horizon réductique avec fer oxydé ; humide ; beaucoup de sables (50%). Texture sablo-limoneux, structure massive et particulaire. Transition graduelle, limite droite.
47 – 94	**Mcra & Go**	10YR 8/1	3/4	7	Horizon de juxtaposition carbonaté, composé principalement de craie lacustre, avec traces de fer oxydé présentes en poches ; humide ; beaucoup de sables et de coquillages. Texture sablo-limoneux, structure massive et particulaire. Transition et limite non observées.

Relevé 1224

Coordonnées ± 3m	509008 / 163323 (anciennes GALLANDAT, 5 septembre 1976) 509008 / 163323 (nouvelles RION, 22 juin 2012) 509009 / 163323 (sol et forme d'humus RION, 12 août 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1005 m
Exposition / relief	350° (Nord) / en très légère pente vers le lac de Joux
Pente	3°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Aux Vieux-Cheseaux » ; très proche du lac, dans une zone derrière la prairie de fauche ; entre de gros épicéas ; humide, avec nombreuses petites buttes et dépressions

Végétation (1976 ; 2012)

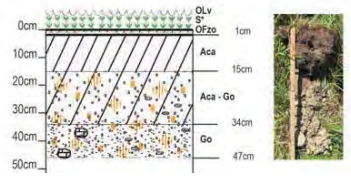
VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum equisetosum variegati*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum equisetosum variegati*

	1976 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**33**	**26**	**25**
Schoenus ferrugineus	3	2	2a
Molinia caerulea	2	1	1
Succisa pratensis	2	1	1
Carex panicea	2		
Primula farinosa	2		
Briza media	1	1	1
Carex flacca	1	1	1
Equisetum variegatum	1	+	+
Potentilla erecta	1	+	+
Salix repens **B**	1	+	
Salix repens **H**			+
Tofieldia calyculata	1	+	+
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Linum catharticum	1	r	r
Euphrasia rostkoviana	1		
Silene flos-cuculi	1		
Sesleria caerulea	+	1	1
Carex hostiana	+	+	+
Parnassia palustris	+	+	+
Pinguicula vulgaris	+	+	+
Sanguisorba officinalis	+	+	+
Valeriana dioica	+	+	+
Genista tinctoria	+	+	+
Epipactis palustris	+	r	
Picea abies **B**	+	r	
Picea abies **H**			r
Festuca ovina aggr.	+		
Galium boreale	+		
Gentiana ciliata	+		
Gentiana verna	+		
Gymnadenia conopsea	+		
Hieracium murorum aggr.	+		
Koeleria pyramidata	+		
Leontodon hispidus s.str.	+		
Silaum silaus	r		
Betula pubescens **H**		+	+
Calamagrostis varia		+	+
Festuca rubra aggr.		+	+
Polygala amarella		+	+
Scabiosa lucida		+	+
Dactylorhiza incarnata		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	50	50	0	20	0
nouveau (RION)	25	0	0	50	50	0	20	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL	**RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epigleyic* Gleysol *(Calcaric)*** (WRB, 2006)
FORME D'HUMUS	**HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic, Fluvic* DYSMULL *(Drying up at the surface, Calcaric, Gleyic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+4 – +3	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+3 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
1 – 15	**Aca**	10YR 4/2	4/4	6	Horizon organo-minéral carbonaté ; racines abondantes et compactes ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse, structure mésogrumeleuse et compacte. Transition graduelle, limite droite.
15 – 34	**Aca – Go**	10YR 7/2	4/4	8	Horizon de transition carbonaté avec horizons organo-minéral et réductique (fer oxydé) ; racines présentes ; légèrement humide ; riche en argiles ; présence de petits graviers et petits cailloux. Texture argilo-limoneuse, structure massive. Transition graduelle, limite droite.
34 – 47	**Go**	10YR 8/3	4/4	8	Horizon réductique minéral, avec traces de fer réduit ; légèrement humide ; présence de cailloux plats (10 cm) et de graviers. Texture argilo-limoneuse, structure massive. Transition et limite non observées.

Relevé 1296

Coordonnées ± 3m	508334 / 162701 (anciennes GALLANDAT, 16 mai 1977) 508334 / 162703 (nouvelles RION, 27 juin 2012) 508332 / 162701 (sol et forme d'humus RION, 22 juillet 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1004 m
Exposition / relief	320° (Nord-Ouest) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	fauché
Repères, remarques	au lieu-dit « Tête du Lac » ; proche des maisons des Crêtets ; à droite du sentier et de la prairie fauchée ; une petite bande de *Caricion davallianae* subsiste encore proche du *Filipendulion*

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae* / *Tofieldietalia* / ***Caricion davallianae*** / Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea* / *Molinietalia* / ***Calthion*** / *Trollio-Cirsietum* / *Trollio-Cirsietum colchicetosum*, variante à *Veratrum album*

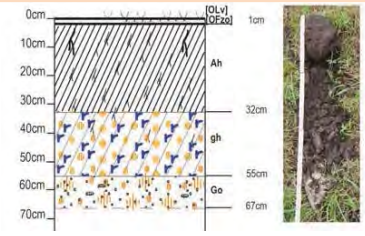
	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**35**	**26**	**26**
Carex davalliana	2		
Molinia caerulea	2		
Succisa pratensis	2		
Festuca ovina aggr.	1	3	3
Lathyrus pratensis	1	1	1
Crepis paludosa	1	+	+
Carex panicea	1		
Eriophorum angustifolium	1		
Galium uliginosum	1		
Leontodon hispidus s.str.	1		
Tephroseris helenitis	1		
Valeriana dioica	1		
Cirsium rivulare	+	2	2a
Caltha palustris	+	2	2a
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	+	1	1
Angelica sylvestris	+	+	+
Carex nigra	+	+	+
Centaurea jacea s.str.	+	+	+
Filipendula ulmaria	+	+	+
Galium boreale	+	+	+
Alchemilla vulgaris aggr.	+		
Cardamine pratensis	+		
Carex umbrosa	+		
Gentiana verna	+		
Helianthemum nummularium s.str.	+		
Primula elatior s.str.	+		
Primula farinosa	+		
Sanguisorba officinalis	+		
Salix repens	+		
Scabiosa lucida	+		
Sesleria caerulea	+		
Trollius europaeus	+		
Trifolium pratense s.str.	r	2	2a
Colchicum autumnale	r		
Veronica chamaedrys	r		
Agrostis canina		2	2a
Poa trivialis s.str.		2	2a
Phleum pratense s.str.		2	2a
Carex leporina		1	1
Cynosurus cristatus		1	1
Lotus corniculatus		1	1
Briza media		+	+
Holcus lanatus		+	+
Juncus effusus		+	+
Polygonum bistorta		+	+
Rhinanthus alectorolophus		+	+
Silene flos-cuculi		+	+
Trifolium repens s.str.		+	+
Vicia cracca s.str.		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	100	0	0		0
nouveau (RION)	25	0	0	100	0	0	0	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL — **RÉDOXISOL réductique, à horizons A et g humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic, Endogleyic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS — **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+1 – 0	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 32	**Ah**	10YR 2/1	0/4	6	Horizon organo-minéral humifère ; racines abondantes, sec. Texture limono-sableuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
32 – 55	**gh**	10YR 5/6	0/4	6	Horizon minéral rédoxique humifère, avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; matière organique présente en poches ; sec. Texture limono-argileuse, structure massive. Transition graduelle, limite droite.
55 – 67	**Go**	GLEY1 7/10Y GLEY1 5/10Y 10YR 6/6	0/4	7	Horizon minéral réductique, avec traces de fer oxydé ; présence de sables et de graviers de 1 cm ; sec. Texture argilo-limoneuse, structure massive. Transition et limite non observées.

Relevé 1297

Coordonnées ± 3m	508321 / 162687 (anciennes GALLANDAT, 16 mai 1977) 508320 / 162685 (nouvelles RION, 26 juin 2012) 508322 / 162682 (sol et forme d'humus RION, 22 juillet 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1006 m
Exposition / relief	- / plat
Pente	1°
Utilisation humaine	fauché
Repères, remarques	au lieu-dit « Tête du Lac » ; proche des maisons des Crêtets ; proche du relevé 1296 ; à gauche du sentier et à 5 mètres de la lisière

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum potentilletosum*, variante à *Carex davallianae*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum colchicetosum*, variante à *Veratrum album*

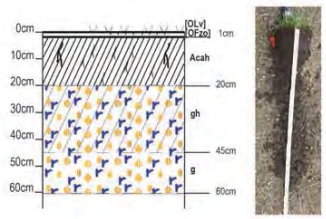
	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**41**	**29**	**29**
Carex davalliana	3		
Trifolium pratense s.str.	2	2	2a
Tephroseris helenitis	2		
Succisa pratensis	2		
Valeriana dioica	2		
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	1	2	2a
Anthoxanthum odoratum	1	1	1
Trifolium repens s.str.	1	1	1
Briza media	1		
Carex nigra	1		
Cardamine pratensis	1		
Carex caryophyllea	1		
Festuca ovina aggr.	1		
Galium boreale	1		
Lathyrus pratensis	1		
Luzula multiflora	1		
Sesleria caerulea	1		
Trollius europaeus	1		
Veratrum album s.l.	1		
Caltha palustris	+	2	2a
Cirsium rivulare	+	1	1
Polygonum bistorta	+	1	1
Myosotis scorpioides	+	+	+
Silene flos-cuculi	+	+	+
Rumex acetosa	+	r	r
Carex panicea	+		
Crepis paludosa	+		
Filipendula ulmaria	+		
Galium uliginosum	+		
Genista tinctoria	+		
Gentiana verna	+		
Helictotrichon pubescens	+		
Koeleria pyramidata	+		
Molinia caerulea	+		
Polygala amarella	+		
Potentilla erecta	+		
Primula farinosa	+		
Scabiosa lucida	+		
Vicia cracca s.str.	+		
Carum carvi	r		
Plantago lanceolata	r		
Cynosurus cristatus		2	2a
Agrostis stolonifera		1	1
Alopecurus pratensis		1	1
Bromus erectus s.str.		1	1
Festuca arundinacea s.l.		1	1
Festuca pratensis s.str.		1	1
Festuca rubra aggr.		1	1
Poa pratensis		1	1
Trisetum flavescens		1	1
Carex echinata		+	+
Cerastium fontanum subsp. *vulgare*		+	+
Geum rivale		+	+
Lolium perenne		+	+
Phleum pratense s.str.		+	+
Rhinanthus alectorolophus		+	+
Taraxacum officinale aggr.		r	r
Valeriana officinalis		r	r
Plantago media		r	r
Primula veris s.str.		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	100	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	99	0	0	0	1
nouveau (RION)	25	0	0	99	0	0	0	1

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **RÉDOXISOL surrédoxique, carbonaté en surface, à horizons A et g humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic* OLIGOMULL *(Drying up at the surface, Calcaric)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+0.5 – 0	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 20	**Acah**	10YR 2/1	2/4	7	Horizon organo-minéral humifère et carbonaté ; racines présentes ; sec. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
20 – 45	**gh**	10YR 3/1	0/4	7	Horizon minéral rédoxique humifère, avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; matière organique présente en poches ; sec. Texture limono-argileuse, structure massive. Transition graduelle, limite droite.
45 – 60	**g**	10YR 4/1	0/4	7	Horizon minéral rédoxique, avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; sec. Texture à la limite entre argilo-limoneuse et limono-argileuse, structure massive. Transition et limite non observées.

Relevé 1351

Coordonnées ± 3m	509087 / 163098 (anciennes GALLANDAT, 14 juin 1977) 509087 / 163097 (nouvelles RION, 28 juin 2012) 509087 / 163093 (sol et forme d'humus RION, 12 août 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1003 m
Exposition / relief	0° (Nord) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Aux Vieux Cheseaux » ; proche des relevés 506, 507, 508 et 1352 ; la zone est profonde et inondée ; présence d'eau dans le relevé (20%) et tout autour ; aux abords du chemin inondé allant à la prairie de fauche et au lac de Joux

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum typicum*, variante à *Carex flacca*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum typicum*, variante à *Carex flacca*

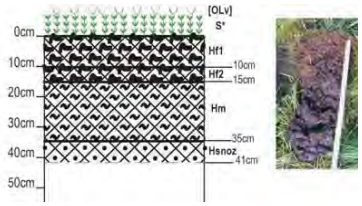
	1977 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**15**	**21**	**21**
Schoenus ferrugineus	4	2	2b
Carex panicea	2	1	1
Phragmites australis	2	1	1
Potentilla erecta	1	1	1
Primula farinosa	1	1	1
Succisa pratensis	1	1	1
Parnassia palustris	1	+	+
Molinia caerulea	1		
Carex davalliana	+	2	2b
Carex elata	+	2	2a
Eriophorum angustifolium	+	1	1
Sanguisorba officinalis	+	+	+
Salix repens **B**	+	r	
Salix repens **H**			r
Dactylorhiza fistulosa	+		
Pedicularis palustris	r	+	+
Angelica sylvestris		1	1
Equisetum palustre		+	+
Galium uliginosum		+	+
Polygala amarella		+	+
Vicia cracca s.str.		+	+
Betula pubescens **H**		r	r
Cardamine udicola		r	r
Filipendula ulmaria		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	80	90	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	60	100	0	0	40
nouveau (RION)	25	0	0	60	100	0	0	40

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **HISTOSOL MÉSIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, calcique, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Hemic* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **FIBRIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011)
FIBRIMODER (*Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+4 – +3	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches ; absence de mycélium ; très humide. Transition nette, limite droite.
+3 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; très humide. Transition nette, limite droite.
0 – 10	**Hf1**	10YR 3/6	2	5	Horizon histique très fibreux, avec racines abondantes ; très humide. Transition nette, limite droite.
10 – 15	**Hf2**	10YR 3/3	3	5	Horizon histique très fibreux, avec racines abondantes ; très humide ; un peu plus décomposé. Transition nette, limite droite.
15 – 35	**Hm**	10YR 2/1	4	5	Horizon histique mésique ; très humide. Transition nette, limite droite.
35 – 41	**Hsnoz**	10YR 3/1	8	6	Horizon histique saprique non-zoogène ; très humide. Transition et limite non observées.

Relevé 1352

Coordonnées ± 3m	509071 / 163124 (anciennes GALLANDAT, 14 juin 1977) 509070 / 163122 (nouvelles RION, 22 juin 2012) 509068 / 163126 (sol et forme d'humus RION, 12 août 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1003 m
Exposition / relief	200° (Sud-Ouest) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Aux Vieux Cheseaux » ; proche des relevés 506, 507, 508 et 1351 ; sur la gauche du chemin inondé allant au lac ; des touffes d'arbres sont présentes devant le relevé ; humide avec des roseaux ; traces de passages humaine aux abords

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum typicum*, variante à *Carex flacca*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum typicum*, variante à *Carex flacca*

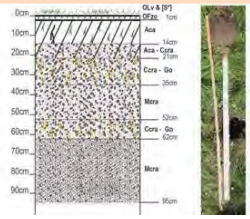
	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**26**	**28**	**28**
Schoenus ferrugineus	4	2	2b
Succisa pratensis	2	2	2a
Phragmites australis	2	1	1
Carex panicea	2		
Carex flacca	1	1	1
Galium boreale	1	1	1
Molinia caerulea	1	1	1
Potentilla erecta	1	1	1
Valeriana dioica	1	+	+
Polygala amarella	1		
Salix repens **B**	+	1	1
Salix repens **H**			
Carex hostiana	+	+	+
Gentiana verna	+	+	+
Parnassia palustris	+	+	+
Sanguisorba officinalis	+	+	+
Swertia perennis	+	+	+
Vicia cracca s.str.	+	+	+
Colchicum autumnale	+	r	r
Picea abies **B**	+	r r	r
Picea abies **H**			
Festuca ovina aggr.	+		
Pinguicula vulgaris	+		
Primula farinosa	+		
Silaum silaus	r	+	+

Centaurea jacea s.str.	r		
Gentiana ciliata	r		
Salix purpurea	r		
Briza media		1	1
Betula pubescens **B**		+	+
Betula pubescens **H**			
Carex lasiocarpa		+	+
Calamagrostis varia		+	+
Leucanthemum vulgare aggr.		+	+
Festuca rubra aggr.		+	+
Genista tinctoria		+	+
Lathyrus pratensis		+	+
Leontodon hispidus s.str.		+	+
Cirsium palustre		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	95	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	70	1	0	20	19
nouveau (RION)	25	0	0	70	1	0	20	19

Sol et forme d'humus (2013)

SOL	**RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epigleyic* Gleysol *(Calcaric)*** (WRB, 2006)
FORME D'HUMUS	**HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic, Fluvic* DYSMULL *(Drying up at the surface, Calcaric, Gleyic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon	Analyses de laboratoire
+1 – 0	**OLv & [S*]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu, avec mousses en poche ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.	
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.	
1 – 14	**Aca**	10YR 4/2	2/4	7	Horizon organo-minéral carbonaté ; racines abondantes ; légèrement humide. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.	
14 – 21	**Aca – Ccra**	10YR 4/2	2/4	8	Horizon de transition avec mélange d'horizon organo-minéral et de craie lacustre ; légèrement humide. Texture limoneuse, structure pâteuse. Transition graduelle, limite droite.	
21 – 35	**Ccra – Go**	WHITE2.5Y 9.5/2 WHITE7.5Y 9.5/2	4/4	9	Horizon de transition minéral et calcaire, avec craie lacustre et horizon réductique ; taches de fer oxydé ; très humide. Texture limoneuse, structure pâteuse. Transition graduelle, limite droite.	
35 – 52	**Mcra**	WHITE2.5Y 9.5/2	4/4	9	Horizon de craie lacustre ; très humide ; soyeux ; sables grossiers. Texture limoneuse, structure pâteuse. Transition graduelle, limite droite.	
52 – 62	**Ccra – Go**	WHITE2.5Y 9.5/2 WHITE7.5Y 9.5/2	4/4	9	Horizon de transition minéral et calcaire, avec craie lacustre et horizon réductique ; taches de fer oxydé ; très humide. Texture limoneuse, structure pâteuse. Transition graduelle, limite droite.	**Texture limoneuse** 19% argiles / 57% limons / 31% sables
62 – 95	**Mcra**	WHITE2.5Y 9.5/2	4/4	9	Horizon de craie lacustre ; très humide ; soyeux ; sables fins. Texture limoneuse, structure pâteuse. Transition et limite non observées.	

Relevé 1392

Coordonnées ± 3m	508451 / 162707 (anciennes GALLANDAT, 27 juillet 1977) 508450 / 162707 (nouvelles RION, 18 juin 2012) 508450 / 162703 (sol et forme d'humus RION, 22 juillet 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1007 m
Exposition / relief	340° (Sud-Ouest) / légère pente
Pente	2°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Tête du Lac » ; proche des relevés 1393, 1394, 1395 ; à gauche du relevé 1394, tout proche d'un épicéa ; présence de reines des prés et de roseaux

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum silaetosum*, variante à *Sesleria caerulea*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum silaetosum*, variante à *Sesleria caerulea*

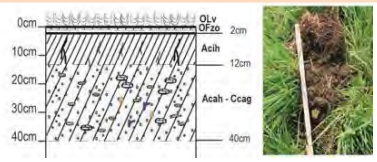
	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**36**	**23**	**25**
Galium boreale	3	1	1
Deschampsia cespitosa	2	2	2a
Bromus erectus s.str.	1	+	+
Molinia caerulea	2	2	2a
Stachys officinalis s.str.	2	+	+
Euphorbia verrucosa	2	+	+
Carex panicea	2		
Sesleria caerulea	2		
Carex flacca	1	1	1
Carex umbrosa	1	1	1
Vicia cracca s.str.	1	1	1
Potentilla erecta	1	+	+
Genista tinctoria	1	+	+
Sanguisorba officinalis	1	+	+
Silaum silaus	1	r	r
Galium pumilum	1		
Briza media	1		
Koeleria pyramidata	1		
Ranunculus nemorosus aggr.	1		
Succisa pratensis	1		+
Carex caryophyllea	+	1	1
Colchicum autumnale	+	1	1
Festuca rubra aggr.	+	+	+
Lathyrus pratensis	+	+	+
Salix repens **H**	+	+	+
Campanula rotundifolia	+		
Centaurea jacea s.str.	+		
Leucanthemum adustum	+		
Hippocrepis comosa	+		
Knautia arvensis	+		
Plantago media	+		
Sanguisorba minor s.str.	+		
Scabiosa columbaria s.str.	+		
Scabiosa lucida	+		r
Trollius europaeus	+		
Veratrum album s.l.	r		
Filipendula ulmaria		2	3
Festuca ovina aggr.		1	1
Galium verum s.str.		1	1
Galium uliginosum		+	+
Geum rivale		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	80	1	0	19	19
nouveau (RION)	25	0	0	80	1	0	19	19

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RENDOSOL – RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizons A humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009)
Rendzic Leptosol *(Calcaric)* – Stagnosol (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* DYSMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+4 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
0 – 2	**OFzo**	-	-	-	Horizon de fragmentation continu, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
2 – 12	**Acih**	10YR 3/1	1/4	6	Horizon organo-minéral décarbonaté, avec racines ; légèrement humide ; 10% de cailloux calcaires orangés (≤ 5 cm). Texture limono-argileux, structure mésogrumeleuse avec agrégats très instables. Transition diffuse, limite droite.
12 – 40	**Acah – Ccag**	10YR 3/1 + 10YR 7/8	4/4	6	Horizon de transition calcaire avec mélange d'horizon organo-minéral humifère et d'horizon minéral ; légèrement humide ; 70% de squelette : 10% de graviers (≤ 2 cm) et 60% de cailloux orangés (≤ 5 cm) ; quelques traces d'oxydation présentes. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition et limite non observées.

Relevé 1393

Coordonnées ± 3m	508464 / 162634 (anciennes GALLANDAT, 17 juillet 1977) 508463 / 162636 (nouvelles RION, 19 juin 2012) 508462 / 162635 (sol et forme d'humus RION, 22 juillet 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1004 m
Exposition / relief	340° (Sud-Ouest) / légère pente
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Tête du Lac » ; proche des relevés 1392, 1394, 1395 ; deux petits arbustes présents dans le relevé ; dans une cuvette

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum silaetosum*, variante à *Sesleria caerulea*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum silaetosum*, variante à *Sesleria caerulea*

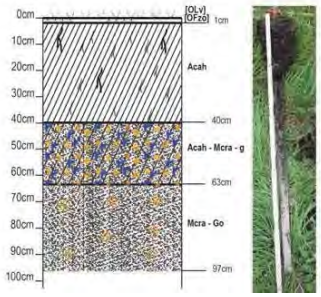
	1977 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**31**	**16**	**16**
Molinia caerulea	3	2	2b
Carex umbrosa	3		
Deschampsia cespitosa	2	3	3
Galium boreale	2	2	2b
Succisa pratensis	2	+	+
Cirsium rivulare	2		
Colchicum autumnale	2		
Salix repens	2		
Festuca rubra aggr.	1	1	1
Galium pumilum	1	1	1
Briza media	1	+	+
Carex panicea	1	+	+
Potentilla erecta	1	+	+
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Carex flacca	1		
Festuca ovina aggr.	1		
Koeleria pyramidata	1		
Scabiosa lucida	+	+	+
Sesleria caerulea	+	+	+
Silaum silaus	+	+	+
Stachys officinalis s.str.	+		
Campanula rotundifolia	+		
Dianthus superbus	+		
Filipendula ulmaria	+		
Geum rivale	+		
Genista tinctoria	+		
Luzula campestris	+		
Sanguisorba officinalis	+		
Swertia perennis	+		
Trollius europaeus	+		
Veratrum album s.l.	+		
Cirsium palustre		1	1
Phragmites australis		1	1
Ajuga reptans		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	60	0	0	40	3
nouveau (RION)	25	0	0	60	0	0	40	3

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL réductique, calcaire, issu de craie lacustre, à horizons A humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009)
Epistagnic, Endogleyic* Stagnosol *(Calcaric) (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
Stagnic, Fluvic* OLIGOMULL *(Drying up at the surface, Calcaric) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches (discontinu) ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon de fragmentation discontinu, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 40	**Acah**	10YR 2/1	2/4	6.5	Horizon organo-minéral humifère et carbonaté ; présence de racines ; sec ; absence d'éléments grossiers. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
40 - 63	**Acah – Mcra – g**	10YR 5/1 + 10YR 2/1	3/4	7	Horizon de transition carbonaté, avec mélange d'horizon organo-minéral humifère, de craie lacustre, et d'horizon rédoxique ; présence de marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; absence d'éléments grossiers ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
63 - 97	**Mcra – Go**	10YR 8/1	4/4	7.5	Horizon minéral de transition, composé de craie lacustre et d'horizon réductique ; sec ; absence d'éléments grossiers ; présence de quelques petits coquillages ; présence de taches fer oxydé. Texture sablo-limoneuse, structure particulaire. Transition et limite non observées.

Relevé 1394

Coordonnées ± 3m	508416 / 162682 (anciennes GALLANDAT, 27 juillet 1977) 508415 / 162681 (nouvelles RION, 18 juin 2012) 508418 / 162681 (sol et forme d'humus RION, 22 juillet 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1011 m
Exposition / relief	340° (Sud-Ouest) / légère pente
Pente	3°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Tête du Lac » ; proche des relevés 1392, 1393, 1395 ; à droite du relevé 1392 ; épicéa et bouleau à droite du relevé ; nombreux touradons de molinie formant de grosses buttes

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum silaetosum*, variante à *Sesleria caerulea*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum silaetosum*, variante à *Sesleria caerulea*

	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**33**	**20**	**20**
Galium boreale	2	2	2a
Molinia caerulea	2	2	2b
Sesleria caerulea	2	1	2a
Selinum carvifolia	2		
Succisa pratensis	2		
Trollius europaeus	2		
Briza media	1		
Deschampsia cespitosa	1	2	2a
Carex umbrosa	1	1	1
Potentilla erecta	1	1	1
Salix repens **B**	1	1	
Salix repens **H**			1
Carex panicea	1	+	+
Carex flacca	+	+	+
Colchicum autumnale	1		
Genista tinctoria	1		
Koeleria pyramidata	1		
Silaum silaus	1		
Carex caryophyllea	+	1	1
Vicia cracca s.str.	+	1	1
Dianthus superbus	+	+	+
Euphorbia verrucosa	+	+	+
Festuca rubra aggr.	+	+	
Geum rivale	+	+	+
Sanguisorba officinalis	+	+	+
Scabiosa lucida	+	+	+
Galium uliginosum		+	+
Stachys officinalis s.str.			+

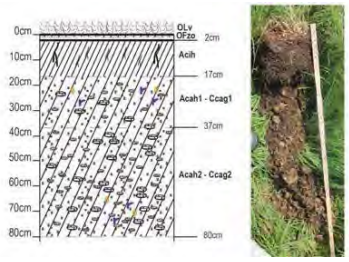
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	+		
Campanula rotundifolia	+		
Leucanthemum adustum	+		
Ranunculus nemorosus aggr.	+		
Veratrum album s.l.	+		
Centaurea jacea s.str.	r		
Helictotrichon pubescens	r		
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	r		
Betula pubescens **H**		+	+
Cirsium rivulare		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	70	20	0	34	34
nouveau (RION)	25	0	0	70	20	0	34	34

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **RENDOSOL – RÉDOXISOL pachique, décarbonaté en surface, à horizons A humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009)
Rendzic Leptosol *(Calcaric)* – Stagnosol (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* DYSMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+3 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
0 – 2	**OFzo**	-	-	6	Horizon continu de fragmentation, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite
2 – 17	**Acih**	10YR 3/2	1/4	6	Horizon organo-minéral humifère et décarbonaté ; racines présentes ; légèrement humide ; absence d'éléments grossiers ; quelques sables. Texture limoneuse, structure micro- à mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
17 – 37	**Acah1 – Ccag 1**	10YR 3/2 + 10YR 7/8	4/4	6	Horizon de transition carbonaté, avec mélange d'horizon organo-minéral humifère et d'horizon minéral ; 60% de squelette : 40% graviers (≤2 cm) et 20% cailloux (≤5 cm) ; quelques traces d'oxydo-réduction présentes ; légèrement humide. Texture limoneuse, structure méso- à microgrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
37 – 80	**Acah 2 – Ccag 2**	10YR 3/2 + 10 YR 7/8	4/4	6	Horizon de transition carbonaté, avec mélange d'horizon organo-minéral humifère et d'horizon minéral ; 90% de squelette : 60% cailloux (≤5 cm) et 30% graviers (≤2 cm) ; quelques traces d'oxydo-réduction présentes ; légèrement humide. Texture limoneuse, structure méso- à microgrumeleuse. Transition et limite non observées.

Relevé 1395

Coordonnées ± 3m	508551 / 162768 (anciennes GALLANDAT, 27 juillet 1977) 508551 / 162770 (nouvelles RION, 19 juin 2012) 508552 / 162772 (sol et forme d'humus RION, 22 juillet 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1008 m
Exposition / relief	320° (Sud-Ouest) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Tête du Lac » ; proche des relevés 1392, 1393 et 1394 ; dans une petite clairière aux abord de l'embouchure de l'Orbe et du lac de Joux ; clairière bordée d'épicéas et de saules et de bouleaux ; souches présentes au sol (10%)

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum silaetosum*, variante à *Sesleria caerulea*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum silaetosum*, variante à *Sesleria caerulea*

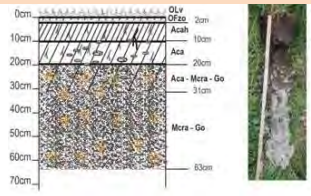
	1977 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**22**	**26**	**26**
Sesleria caerulea	4		
Molinia caerulea	2	3	2b
Galium boreale	2	+	+
Salix repens **B**	2	+	+
Salix repens **H**		+	+
Silaum silaus	2	+	+
Succisa pratensis	1	2	2a
Briza media	1	1	+
Carex panicea	1	+	+
Campanula rotundifolia	1		
Cirsium acaule	1		
Koeleria pyramidata	1		
Deschampsia cespitosa	+	3	2b
Vicia cracca s.str.	+	1	1
Phragmites australis	+	+	+
Sanguisorba officinalis	+	+	+
Dianthus superbus	+		
Galium pumilum	+		
Scabiosa columbaria s.str.	+		
Thymus pulegioides s.str.	+		
Crepis mollis	r		
Lotus corniculatus	r		
Phyteuma orbiculare	r		
Carex flacca		2	2a
Cirsium palustre		2	2a
Festuca rubra aggr.		1	1
Colchicum autumnale		1	1
Frangula alnus **B**		1	1
Frangula alnus **H**		+	+
Galium uliginosum		1	1
Stachys officinalis s.str.		+	+
Betula pubescens **B**		+	+
Betula pubescens **H**		+	+
Euphorbia verrucosa		+	+
Angelica sylvestris		+	+
Filipendula ulmaria		+	+
Potentilla erecta		+	+
Primula farinosa		+	+
Salix myrsinifolia **B**		+	+
Salix myrsinifolia **H**		+	+
Valeriana dioica		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	90	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	1	80	0	0	60	6
nouveau (RION)	25	0	1	70	0	0	60	5

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre, à horizon A humifère en surface** (BAIZE & GIRARD, 2009)
Epigleyic* Gleysol *(Calcaric) (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
Stagnic, Fluvic* DYSMULL *(Drying up at the surface, Calcaric, Gleyic) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
0 – 2	**OFzo**	-	-	-	Horizon de fragmentation continu, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
2 – 10	**Acah**	10YR 3/1	3/4	6	Horizon organo-minéral humifère et carbonaté ; racines présentes ; sec ; absence d'éléments grossiers. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
10 – 20	**Aca**	10YR 3/2	3/4	6	Horizon organo-minéral carbonaté ; squelette : 30% : 20% de graviers (≤ 2 cm), 10% de cailloux (≤ 5 cm) ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
20 – 31	**Aca – Mcra – Go**	10YR 3/2 + 10YR 7/1	3/4	6	Horizon de transition carbonaté, avec mélange d'horizon organo-minéral, de craie lacustre et d'horizon réductique ; squelette : quelques cailloux (≤ 5 cm) et craie lacustre ; présence de fer oxydé ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition diffuse, limite droite.
31 – 63	**Mcra – Go**	10YR 7/1	3/4	8	Horizon minéral et carbonaté de transition composé de craie lacustre et d'horizon réductique ; absence d'éléments grossiers ; présence de quelques petits coquillages ; présence de fer oxydé ; sec. Texture sablo-limoneuse, structure particulaire. Transition et limite non observées.

Relevé 1397

Coordonnées ± 3m	509185 / 162919 (anciennes GALLANDAT, 28 juillet 1977) 509183 / 162919 (nouvelles RION, 26 juin 2013) 509185 / 162928 (sol et forme d'humus RION, 23 juillet 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1010 m
Exposition / relief	290° (Nord-Ouest) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	fauché
Repères, remarques	proche du relevé 1568 ; au bord du petit sentier en bois (à 3 mètres), dans le champ, avant le chemin inondé ; présence de roseaux tout près du sentier en bois

Végétation (1977 ; 2013)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 40 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum colchicetosum*, variante à *Veratrum album*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 40 m² et 25 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum colchicetosum*, variante à *Veratrum album*

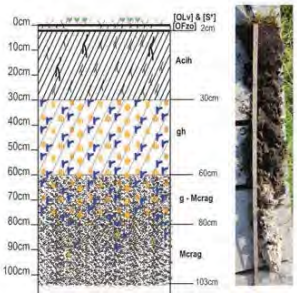
	1977 40m²	2013 40m²	2013 25m²
nombre d'espèces	**30**	**24**	**24**
Trollius europaeus	4	2	2a
Cirsium rivulare	2	2	2a
Polygonum bistorta	2	2	2b
Filipendula ulmaria	2	1	1
Phalaris arundinacea	2		
Trifolium pratense s.str.	1	2	2a
Agrostis stolonifera	1	1	1
Poa pratensis	1	1	1
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	1	1	1
Festuca pratensis s.str.	1	+	+
Lathyrus pratensis	1	+	+
Taraxacum officinale aggr.	1	+	+
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Dactylis glomerata	1		
Poa trivialis s.str.	1		
Sanguisorba officinalis	1		
Trisetum flavescens	1		
Caltha palustris	+	2	2b
Centaurea jacea s.str.	+	r	r
Agropyron repens	+		
Alchemilla vulgaris aggr.	+		
Cardamine pratensis	+		
Anthriscus sylvestris	+		
Colchicum autumnale	+		
Crepis biennis	+		
Deschampsia cespitosa	+		
Helictotrichon pubescens	+		
Heracleum sphondylium s.str.	+		
Primula elatior s.str.	+		
Rhinanthus minor	+		
Alopecurus pratensis		2	2a
Anthoxanthum odoratum		1	1
Carex flava		1	1
Cynosurus cristatus		1	1
Festuca rubra aggr.		1	1
Trifolium repens s.str.		1	1
Rhinanthus alectorolophus		+	+
Rumex acetosa		+	+
Silene flos-cuculi		+	+
Valeriana officinalis		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	40	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	40	0	0	99	0	0	1	1
nouveau (RION)	25	0	0	99	0	0	1	1

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **RÉDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A et g humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic, Fluvic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**[OLv] & [S*]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu, avec mousses en poche ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 2	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
2 – 30	**Acih**	10YR 2/1	1/4	6	Horizon organo-minéral humifère décarbonaté ; racines abondantes ; sec. Texture limono-argileuse, structure microgrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
30 – 60	**gh**	10YR 4/1 + GLEY1 4/10Y	2/4	6	Horizon minéral rédoxique humifère avec alternance de fer réduit et de fer oxydé (marbrures) ; poches de matière organique ; sec. Texture limono-argileuse, structure compacte et massive. Transition graduelle, limite droite.
60 – 80	**g - Mcrag**	GLEY1 8/10Y	3/4	6.5	Horizon minéral de transition, avec mélange d'horizon rédoxique et de craie lacustre ; alternance de fer réduit et de fer oxydé (marbrures) ; sec. Texture limono-argileuse, structure compacte et massive. Transition graduelle, limite droite.
80 – 103	**Mcrag**	GLEY1 8/10Y	4/4	7	Horizon minéral carbonaté composé de craie lacustre ; quelques sables ; présence de taches d'oxydo-réduction ; sec. Texture argilo-limoneuse, structure massive. Transition et limite non observées.

Relevé 1398

Coordonnées ± 3m	509113 / 163218 (anciennes GALLANDAT, 28 juillet 1977) 509113 / 163216 (nouvelles RION, 28 juin 2012) 509113 / 163210 (sol et forme d'humus RION, 13 août 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1008 m
Exposition / relief	20° (Nord) / très légère pente en direction du lac de Joux
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Aux Vieux-Cheseaux », extémité nord-ouest de la grève ; au bord de la prairie de fauche en bordure du lac de Joux, dans une petite trouée dans les arbres (épicéas plantés) ; auparavant, végétation ouverte, maintenant végétation presque fermée ; nombreux déchets dans la zone

Végétation (1977 ; 2012)

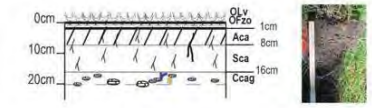
VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum silaetosum*, variante à *Sesleria caerulea*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum silaetosum*, variante à *Sesleria caerulea*

	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**40**	**28**	**33**
Salix repens **B**	3	1	1
Salix repens **H**			
Sesleria caerulea	3	1	1
Molinia caerulea	1	2	2b
Succisa pratensis	1	2	2b
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	1	1	1
Briza media	1	+	+
Carex caryophyllea	1	+	+
Carex montana	1		
Leucanthemum adustum	1		+
Cirsium acaule	1		
Festuca ovina aggr.	1		
Genista tinctoria	1		
Hippocrepis comosa	1		
Koeleria pyramidata	1		
Thymus pulegioides s.str.	1		
Bromus erectus s.str.	+	1	1
Carex flacca	+	1	1
Lotus corniculatus	+	1	1
Potentilla erecta	+	1	1
Sanguisorba officinalis	+	1	1
Campanula rotundifolia	+	+	+
Deschampsia cespitosa	+	+	+
Galium boreale	+	+	+
Arabis hirsuta	+		
Carex panicea	+		
Carex flava	+		
Centaurea jacea s.str.	+		
Epipactis palustris	+		
Gentiana verna	+		
Helianthemum nummularium s.str.	+		
Hieracium pilosella	+		
Leontodon hispidus s.str.	+		
Phyteuma orbiculare	+		
Pimpinella saxifraga	+		
Rhinanthus minor	+		
Scabiosa columbaria s.str.	+		
Silaum silaus	+		
Thesium pyrenaicum	+		
Laserpitium latifolium	r		
Primula farinosa	r		
Silene vulgaris s.str.		2	2a
Dactylis glomerata		1	1
Scabiosa lucida		1	1
Vicia cracca s.str.		1	1
Anthoxanthum odoratum		+	+
Calamagrostis varia		+	+
Galium mollugo s.str.		+	+
Ranunculus polyanthemophyllus		+	+
Trifolium repens s.str.		+	+
Viola hirta		+	+
Phyteuma spicatum		r	r
Epipactis atrorubens		r	r
Stellaria graminea		r	r
Festuca rubra aggr.			+
Polygala amarella			+
Veronica chamaedrys			+
Trifolium pratense s.str.			+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	75	30	0	25	25
nouveau (RION)	25	0	0	75	30	0	25	25

Sol et forme d'humus (2013)

SOL	**CALCOSOL – RÉDOXISOL leptique** (BAIZE & GIRARD, 2009) **Cambisol *(Calcaric)*** (WRB, 2006)
FORME D'HUMUS	**HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic* DYSMULL *(Drying up at the surface, Calcaric)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées et d'aiguilles d'épicéas de l'année précédente en tapis continu ; présence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; présence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 8	**Aca**	10YR 2/2	3/4	6	Horizon organo-minéral humifère et carbonaté ; racines présentes ; beaucoup de sables ; sec. Texture limoneuse, structure microgrumeleuse, aspect poivre et sel. Transition graduelle, limite droite.
8 – 16	**Sca**	10YR 2/2	3/4	6	Horizon structural carbonaté ; racines abondantes, avec agrégats de 3 à 5 cm autour ; sec. Texture limoneuse, structure polyédrique à subpolyédrique. Transition graduelle, limite droite.
16 – 20	**Ccag**	10YR 8/2	4/4	7	Horizon minéral calcaire, composé de quelques cailloux et de quelques traces d'oxydo-réduction ; sec. Texture limoneuse. Transition et limite non observées.

Relevé 1568

Coordonnées ± 3m	509197 / 162961 (anciennes GALLANDAT, 30 août 1977) 509197 / 162962 (nouvelles RION, 26 juin 2012) 509196 / 162964 (sol et forme d'humus RION, 23 juillet 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1007 m
Exposition / relief	174° (Sud) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	proche du relevé 1397 ; au bord du petit sentier en bois et du chemin inondé allant vers le lac et le champ ; derrière un saule ; présence d'eau dans le relevé (1%)

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 10 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum succisetosum*, variante à *Molinia caerulea*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 10 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*, variante à *Phragmites australis*

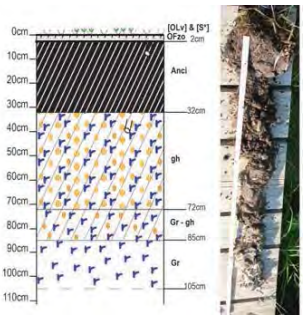
	1977 10m²	2012 10m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**12**	**12**	**15**
Iris sibirica	4		
Filipendula ulmaria	2	5	4
Molinia caerulea	1	+	+
Sanguisorba officinalis	1	+	+
Deschampsia cespitosa	+	1	1
Galium mollugo s.str.	+	1	1
Polygonum bistorta	+	1	1
Valeriana dioica	+	+	1
Carex panicea	+		
Salix repens	+		
Succisa pratensis	+		
Swertia perennis	+		
Carex elata		2	2b
Caltha palustris		1	2a
Cirsium rivulare		1	1
Epilobium palustre		1	1
Phragmites australis		1	1
Colchicum autumnale			+
Myosotis scorpioides			+
Vicia cracca s.str.			+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	10	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	10	0	0	89	30	0	10	11
nouveau (RION)	25	0	0	89	30	0	10	11

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, à horizons g humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic, Endogleyic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
EUANMOOR *(Folic, Ombric, Gleyic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+1 – 0	**[OLv] & [S*]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches, avec mousses en poches ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 2	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
2 – 32	**Anci**	10YR 3/1	0/4	6	Horizon organo-minéral à anmoor, décarbonaté ; racines et rhizomes abondants ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse et compacte. Transition graduelle, limite droite.
32 – 72	**gh**	10YR 3/1 10YR 4/2	1/4	6	Horizon minéral rédoxique humifère avec alternance de fer réduit et de fer oxydé (marbrures) ; poches de matière organique ; quelques fibres, racines et rhizomes présents ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure compacte et massive. Transition graduelle, limite droite.
72 – 85	**Gr – gh**	10YR 8/1	3/4	7	Horizon minéral de transition, avec mélange d'horizon rédoxique et réductique (fer réduit) ; alternance de fer réduit et de fer oxydé ; légèrement humide. Texture argileuse, structure massive. Transition graduelle, limite droite.
85 – 105	**Gr**	10YR 8/1 GLEY1 8/10Y	4/4	7	Horizon minéral réductique, avec fer réduit ; présence de sables et de limons ; humide. Texture argileuse, structure massive. Transition et limite non observées.

Relevé 1659

Coordonnées ± 3m	508905 / 162762 (anciennes GALLANDAT, 19 septembre 1977) 508904 / 162760 (nouvelles RION, 26 juin 2012) 508902 / 162764 (sol et forme d'humus RION, 22 juillet 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1007 m
Exposition / relief	140° (Sud-Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	proche du relevé 1660 ; au bord du sentier ; au bord de saules et d'une lisière ; en face d'un épicéa ; à 500 mètres de la pseudo-roselière

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum succisetosum*, variante à *Molinia caerulea*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Artemisietea / Alliarietalia / **Alliarion** /* Groupement à *Galeopsis tetrahit* et graminées

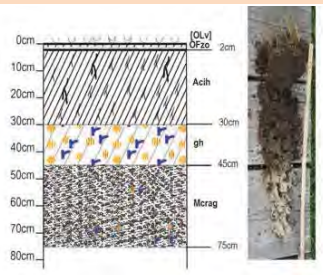
	1977 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**13**	**14**	**14**
Cirsium rivulare	2	1	1
Calamagrostis canescens	2		
Filipendula ulmaria	2		
Iris sibirica	2		
Molinia caerulea	2		
Sanguisorba officinalis	2		
Deschampsia cespitosa	1	+	+
Colchicum autumnale	1		
Galium mollugo s.str.	1		
Angelica sylvestris	+		
Lathyrus pratensis	+		
Phragmites australis	+		
Vicia cracca s.str.	+		
Alopecurus pratensis		4	4
Galeopsis tetrahit		2	2b
Urtica dioica		2	2a
Agrostis capillaris		1	1
Dactylis glomerata		1	1
Festuca pratensis s.str.		1	1
Festuca rubra aggr.		1	1
Agropyron repens		+	+
Galium aparine		+	+
Polygonum bistorta		+	+
Poa pratensis		+	+
Rumex acetosa		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	100	0	0	0	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	0	0	0	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A et g humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic, Fluvic* DYSMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+1 – 0	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 2	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
2 – 30	**Acih**	10YR 3/1	1/4	6	Horizon organo-minéral humifère et décarbonaté ; racines abondantes ; sec. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
30 – 45	**gh**	10YR 4/2	2/4	6.5	Horizon minéral rédoxique humifère, avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; matière organique présente en poches ; sec. Texture limono-argileuse, structure massive. Transition graduelle, limite droite.
45 – 75	**Mcrag**	10YR 8/1	4/4	7	Horizon minéral carbonaté composé de craie lacustre ; présence de taches d'oxydo-réduction ; sec. Texture limono-sableuse, structure massive. Transition graduelle, limite droite.

Relevé 1660

Coordonnées ± 3m	508925 / 162782 (anciennes GALLANDAT, 19 septembre 1977) 508927 / 162778 (nouvelles RION, 26 juin 2012) 508923 / 162782 (sol et forme d'humus RION, 22 juillet 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1005 m
Exposition / relief	140° (Sud-Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	proche du relevé 1659 ; au bord du sentier ; au bord de saules et d'une lisière ; en face d'un épicéa ; 100 mètres après la pseudo-roselière

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 40 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum succisetosum*, variante à *Molinia caerulea*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 40 m² et 25 m²) : *Artemisietea / Alliarietalia / **Alliarion** /* Groupement à *Galeopsis tetrahit* et graminées

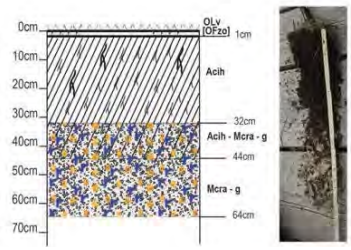
	1977 40m²	2012 40m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**22**	**15**	**15**
Salix caprea	4		
Silene dioica	3	2	1
Urtica dioica	2	2	2b
Calamagrostis canescens	2		
Viburnum opulus	2		
Heracleum sphondylium s.str.	1	r	r
Angelica sylvestris	1		
Chaerophyllum aureum	1		
Deschampsia cespitosa	1		
Epilobium parviflorum	1		
Filipendula ulmaria	1		
Galium mollugo s.str.	1		
Geum rivale	1		
Phragmites australis	1		
Primula elatior s.str.	1		
Valeriana officinalis	1		
Agrostis stolonifera	+		
Caltha palustris	+		
Daphne mezereum	+		
Lonicera nigra	+		
Valeriana dioica	+		
Epilobium montanum	r		
Galeopsis tetrahit		4	4
Alopecurus pratensis		2	2a
Calamagrostis varia		1	1
Cirsium rivulare		1	1
Dactylis glomerata		1	1
Festuca rubra aggr.		1	1
Poa pratensis		1	1
Agropyron repens		+	+
Galium aparine		+	+
Cirsium oleraceum		r	r
Erysimum cheiranthoides		r	r
Taraxacum officinale aggr.		r	r
Filipendula ulmaria		+	+
Potentilla erecta		+	+
Primula farinosa		+	+
Valeriana dioica		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	40	60	20	90	-	-	-	-
nouveau (RION)	40	0	0	90	0	0	15	15
nouveau (RION)	25	0	0	90	0	0	15	15

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **RÉDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic, Fluvic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+1 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; sec ; absence de mycélium ; turricules de vers de terre en surface. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon de fragmentation discontinu, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 32	**Acih**	10YR 2/1	1/4	6	Horizon organo-minéral humifère, décarbonaté ; racines abondantes ; absence d'éléments grossiers ; présence de vers de terre ; sec. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
32 – 44	**Acih – Mcra – g**	10YR 4/2	2/4	6.5	Horizon de transition, composé d'un mélange d'horizon organo-minéral humifère décarbonaté, de craie lacustre et d'horizon rédoxique ; absence d'éléments grossiers ; taches d'oxydo-réduction ; sec. Texture argilo-limoneuse, structure mésogrumeleuse à massive. Transition graduelle, limite droite.
44 – 64	**Mcra – g**	10YR 8/1	4/4	7	Horizon minéral de transition, composé de craie lacustre et d'horizon rédoxique ; absence d'éléments grossiers ; présence de quelques petits coquillages ; présence de quelques taches d'oxydo-réduction ; sec. Texture limono-sableuse, structure particulaire, friable et cassante. Transition et limite non observées.

Relevé 1665

Coordonnées ± 3m	508872 / 163131 (anciennes GALLANDAT, 20 septembre 1977) 508873 / 163131 (nouvelles RION, 28 juin 2012) 508870 / 163131 (sol et forme d'humus RION, 13 août 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1005 m
Exposition / relief	148° (Sud-Est) / légère pente depuis la prairie de fauche
Pente	4°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au bord de la prairie de fauche, entre la prairie et le bas-marais ; grand épicéa à gauche du relevé et nombreux autres petits épicéas présents ici-et-là de chaque côté

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia* / ***Caricion davallianae*** / *Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum typicum*, variante à *Carex flacca*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia* / ***Molinion*** / *Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum silaetosum*, variante à *Sesleria caerulea*

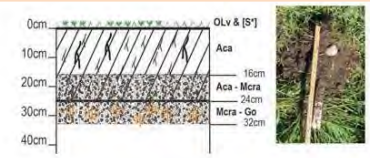
	1977 25m²	2012 25m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**40**	**30**	**30**
Succisa pratensis	3	1	1
Galium boreale	3	1	1
Carex panicea	1	2	2b
Sesleria caerulea	1	2	2b
Molinia caerulea	1	1	1
Briza media	1	+	+
Carex flacca	1	+	+
Valeriana dioica	1		
Deschampsia cespitosa	1		+
Festuca ovina aggr.	1		
Koeleria pyramidata	1		
Potentilla erecta	1		
Sanguisorba officinalis	1		
Salix repens **B**	1	1	
Salix repens **H**			1
Carex ornithopoda	1		
Leucanthemum adustum	+	1	1
Equisetum variegatum	+	1	1
Gentiana ciliata	+	1	1
Leontodon hispidus s.str.	+	1	1
Parnassia palustris	+	1	1
Schoenus ferrugineus	+	+	+
Silaum silaus	+	+	+
Vicia cracca s.str.	+	+	+
Euphorbia verrucosa	+		
Thesium pyrenaicum	+		
Lotus corniculatus	+		
Phragmites australis	+		
Scabiosa lucida	+		
Cirsium acaule	+		
Agrostis stolonifera	+		
Carex caryophyllea	+		
Centaurea jacea s.str.	+		
Euphrasia rostkoviana	+		
Galium pumilum	+		
Hippocrepis comosa	+		
Linum catharticum	+		
Phyteuma orbiculare			
Phyteuma spicatum			
Plantago media			
Tofieldia calyculata	+		
Carex montana	+		
Bromus erectus s.str.	r		
Carex hostiana	r		
Swertia perennis		2	2a
Campanula rotundifolia		1	1
Carex umbrosa		1	1
Cerastium fontanum subsp. *vulgare*		1	1
Filipendula ulmaria		+	+
Galium uliginosum		+	+
Iris sibirica		+	+
Valeriana officinalis		+	+
Picea abies **B**		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	25	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	25	0	10	85	1	0	20	5

Sol et forme d'humus (2013)

SOL — **RÉDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre** (BAIZE & GIRARD, 2009)
Epigleyic* Gleysol *(Calcaric) (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS — **HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
Stagnic, Fluvic* MESOMULL *(Drying up at the surface, Calcaric, Gleyic) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+1 – 0	**OLv & [S*]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu, avec mousses en poche ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 16	**Aca**	10YR 3/2	3/4	6	Horizon organo-minéral carbonaté ; racines abondantes ; sec. Texture limono-argileuse, structure micro à mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
16 – 24	**Aca – Mcra**	10YR 4/2	4/4	7	Horizon de transition carbonaté composé d'un mélange d'horizon organo-minéral et de craie lacustre ; présence de quelques racines ; sec. Texture limono-argileuse, structure micro à mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
24 – 32	**Mcra – Go**	WHITE2.5YR 9.5/1 WHITE10YR 9.5/2	4/4	8	Horizon minéral de transition, carbonaté, composé d'un mélange de craie lacustre et d'horizon réductique, avec fer oxydé ; présence de sables grossiers ; sec. Texture limono-sableuse, structure et aspect de poudre. Transition et limite non observées.

Relevé 1668

Coordonnées ± 3m	509482 / 163461 (anciennes GALLANDAT, 21 septembre 1977) 509479 / 163460 (nouvelles RION, 27 juin 2012) 509481 / 163456 (sol et forme d'humus RION, 23 juillet 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1005 m
Exposition / relief	20° (Nord) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Les Bioux » ; au bord du lac de Joux ; relevé situé à gauche du sentier, proche du petit pont, proche du relevé 1669 ; traces de sentier allant au lac ; bateaux entreposés dans la zone

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum equisetosum variegati*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum silaetosum*, variante à *Sesleria caerulea*

	1977 25m²	2012 25m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**38**	**38**	**38**
Succisa pratensis	2	3	3
Galium boreale	2	2	2a
Molinia caerulea	2	1	1
Carex panicea	2	1	1
Festuca ovina aggr.	2		
Schoenus ferrugineus	2		
Briza media	1	2	2a
Carex flacca	1	2	2a
Salix repens **B**	1	1	
Salix repens **H**			1
Vicia cracca s.str.	1	1	1
Genista tinctoria	1	+	+
Polygala amarella	1	+	+
Primula farinosa	1	+	+
Rhinanthus minor	1	+	+
Cirsium acaule	1		
Equisetum variegatum	1		
Gentiana ciliata	1		
Gymnadenia conopsea	1		
Pinguicula vulgaris	1		
Potentilla erecta	1		
Selaginella selaginoides	1		
Lotus corniculatus	+	1	1
Centaurea jacea s.str.	+	+	+
Euphrasia rostkoviana	+	+	+
Parnassia palustris	+	+	+
Sanguisorba officinalis	+	+	+
Silaum silaus	+	+	+
Valeriana dioica	+	+	+
Tofieldia calyculata	+	r	r
Carex ornithopoda	+		
Calamagrostis varia	+		
Epipactis palustris	+		
Linum catharticum	+		
Phyteuma orbiculare	+		
Picea abies	+		
Plantago media	+		
Thesium pyrenaicum	+		
Sanguisorba minor s.str.	r		

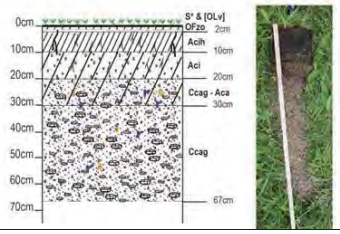
Festuca pratensis s.str.		2	2a
Carex hostiana		1	1
Dactylis glomerata		1	1
Festuca rubra		1	1
Helictotrichon pubescens		1	1
Koeleria pyramidata		1	1
Ranunculus nemorosus aggr.		1	1
Anthoxanthum odoratum		+	+
Bromus erectus s.str.		+	+
Cynosurus cristatus		+	+
Filipendula ulmaria		+	+
Lathyrus pratensis		+	+
Plantago lanceolata		+	+
Prunella vulgaris		+	+
Trifolium repens s.str.		+	+
Trifolium pratense s.str.		+	+
Valeriana officinalis		+	+
Listera ovata		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	25	-	-	91	100	-	-	-
nouveau (RION)	25	0	0	95	25	0	25	5

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RENDOSOL – RÉDOXISOL décarbonaté en surface, à horizon A humifère en surface** (BAIZE & GIRARD, 2009)
Rendzic Leptosol *(Calcaric)* – Stagnosol (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* DYSMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+3 – 0	**S* & [OLv]**	-	-	-	Horizon de mousses continu, avec poche de feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 2	**OFzo**	-	-	-	Horizon continu de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.
2 – 10	**Acih**	10YR 2/1	1/4	6	Horizon organo-minéral humifère décarbonaté ; dense en racines ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
10 – 20	**Aci**	10YR 2/1	1/4	6.5	Horizon organo-minéral décarbonaté ; racines présentes ; riches en graviers (40% < 1mm) ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
20 – 30	**Ccag – Aca**	10YR 8/2 + 10YR 2/1	3/4	8	Horizon de transition, avec mélange d'horizon organo-minéral et de cailloux et graviers carbonatés ; squelette fait de 40% de cailloux < 5cm et de 20% de graviers < 1mm ; présence de traces d'oxydo-réduction ; légèrement humide. Texture limoneuse, structure particulaire. Transition graduelle, limite droite.
30 – 67	**Ccag**	10YR 8/2	4/4	8	Horizon minéral carbonaté, composé de 60% cailloux (< 5 cm), et de 40% de graviers (< 1 mm) ; présence de taches d'oxydo-réduction ; légèrement humide. Texture limoneuse, structure particulaire. Transition et limite non observées.

Relevé 1669

Coordonnées ± 3m	509481 / 163453 (anciennes GALLANDAT, 21 septembre 1977) 509480 / 163451 (nouvelles RION, 27 juin 2012) 509480 / 163449 (sol et forme d'humus RION, 23 juillet 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1007 m
Exposition / relief	10° (Nord) / plat
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au lieu-dit « Les Bioux » ; au bord du lac de Joux ; relevé situé à gauche du sentier, proche du petit pont, proche du relevé 1668 ; traces de sentier allant au lac ; bateaux entreposés dans la zone ; entre des bouleaux et saules ; nombreuses petites buttes et cuvettes

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** /Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum succisetosum*, variante à *Molinia caerulea*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Primulo-Schoenetum / Primulo-Schoenetum typicum*, variante à *Carex flacca*

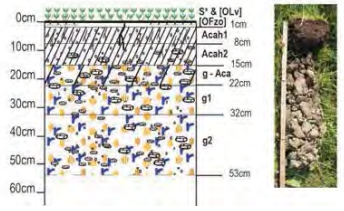
	1977 25m²	2012 25m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**19**	**33**	**33**
Salix repens **B**	3	1	
Salix repens **H**		1	1
Calamagrostis varia	3		3
Sanguisorba officinalis	2	+	+
Molinia caerulea	2		
Succisa pratensis	1	3	
Potentilla erecta	1	1	1
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Colchicum autumnale	1		
Deschampsia cespitosa	1		
Filipendula ulmaria	1		
Galium mollugo s.str.	1		
Festuca ovina	+	1	1
Centaurea jacea s.str.	+	+	+
Angelica sylvestris	+		
Picea abies	+		
Polygonum bistorta	+		
Valeriana dioica	+		
Astrantia major	r	+	+
Plantago major s.str.	r		
Briza media		2	2a
Koeleria pyramidata		2	2a
Schoenus ferrugineus		2	2a
Carex flacca		1	1
Carex panicea		1	1
Festuca rubra aggr.		1	1
Parnassia palustris		1	1
Ranunculus nemorosus aggr.		1	1
Sesleria caerulea		1	1
Tofieldia calyculata		1	1
Carex hostiana		+	+
Crepis paludosa		+	+
Equisetum fluviatile		+	+
Galium boreale		+	+
Genista tinctoria		+	+
Holcus lanatus		+	+
Lotus corniculatus		+	+
Primula farinosa		+	+
Prunella vulgaris		+	+
Rhinanthus alectorolophus		+	+
Silaum silaus		+	+
Thesium pyrenaicum		+	+
Trollius europaeus		+	+
Trifolium pratense s.str.		+	+
Polygala amarella		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	25	-	-	100	45	-	-	-
nouveau (RION)	25	0	0	90	25	0	15	10

Formes d'humus et sols

SOL **RÉDOXISOL calcaire, surrédoxique, à horizons A humifères en surface** (BAIZE & GIRARD, 2009)
Epistagnic* Stagnosol *(Calcaric) (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
Stagnic* OLIGOMULL *(Drying up at the surface, Calcaric) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+3 – 0	**S* & [OLv]**	-	-	-	Horizon de mousses continu, avec poche de feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.
1 – 8	**Acah1**	10YR 3/1	2/4	7	Horizon organo-minéral humifère carbonaté ; racines abondantes ; présence de graviers et de sables ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure micro à mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
8 – 15	**Acah2**	10YR 3/2	3/4	7	Horizon organo-minéral humifère carbonaté ; présence de graviers (50%) et de cailloux (20%) ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
15 – 22	**g – Aca**	10YR 7/2 + GLEY1 8/10Y	3/4	7	Horizon de transition, composé d'un mélange d'horizon organo-minéral et d'horizon rédoxique ; beaucoup de cailloux (80%) ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse à massive. Transition graduelle, limite droite.
22 – 32	**g1**	GLEY1 8/10Y + 10YR 8/1	4/4	7	Horizon minéral rédoxique avec alternance de fer réduit et de fer oxydé (marbrures) ; cailloux présents (80%) ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure compacte et massive. Transition graduelle, limite droite.
32 – 53	**g2**	GLEY1 8/10Y + 10YR 8/2	4/4	7	Horizon minéral rédoxique avec alternance de fer réduit et de fer oxydé (marbrures) ; cailloux présents (70%) ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure compacte et massive. Transition et limite non observées.

Relevé 1670

Coordonnées ± 3m	509495 / 163444 (anciennes GALLANDAT, 21 septembre 1977) 509496 / 163441 (nouvelles RION, 26 juin 2013) 509499 / 163444 (sol et forme d'humus RION, 15 août 2013)
Lieu	**Le Sentier**, Vallée de Joux, Suisse
Altitude	1008 m
Exposition / relief	290° (Ouest) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	fauché puis pâturé (barrière)
Repères, remarques	au lieu-dit « Les Bioux » ; au bord du lac de Joux ; relevé situé à droite du sentier, proche du petit pont ; à la fin du sentier ;

Végétation (1977 ; 2013)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** /Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum succisetosum*, variante à *Molinia caerulea*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Calthion** / Trollio-Cirsietum / Trollio-Cirsietum colchicetosum*, variante à *Veratrum album*

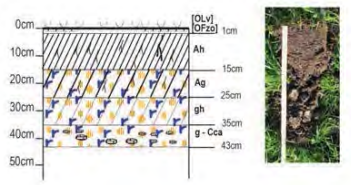
	1977 20m²	2013 20m²	2013 25m²
nombre d'espèces	**22**	**30**	**31**
Deschampsia cespitosa	4		
Filipendula ulmaria	3		
Valeriana officinalis	2	+	+
Astrantia major	2		
Galium mollugo s.str.	2		
Molinia caerulea	2		
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Angelica sylvestris	1		
Colchicum autumnale	1		
Sanguisorba officinalis	1		
Salix repens	1		
Cirsium rivulare	+	1	1
Polygonum bistorta	+	1	1
Lathyrus pratensis	+	+	+
Carex panicea	+		
Festuca ovina aggr.	+		
Heracleum sphondylium s.str.	+		
Potentilla erecta	+		
Poa trivialis s.str.	+		
Scabiosa columbaria s.str.	+		
Silene dioica	+		
Urtica dioica	+		
Cynosurus cristatus		2	2b
Ranunculus acris subsp. *friesianus*		2	2a
Rhinanthus alectorolophus		2	2a
Trifolium pratense s.str.		2	2a
Agrostis stolonifera		1	1
Alopecurus pratensis		1	1
Anthoxanthum odoratum		1	1
Cerastium fontanum subsp. *vulgare*		1	1
Festuca arundinacea s.l.		1	1
Festuca pratensis s.str.		1	1
Festuca rubra aggr.		1	1
Myosotis scorpioides		1	1
Poa pratensis		1	1
Rumex acetosa		1	1
Alchemilla glabra aggr.		+	+
Briza media		+	+
Caltha palustris		+	+
Geum rivale		+	+
Plantago lanceolata		+	+
Prunella vulgaris		+	+
Silene flos-cuculi		+	+
Taraxacum officinale aggr.		+	+
Trisetum flavescens		+	+
Trifolium repens s.str.		+	+
Medicago lupulina		r	r
Phleum pratense			+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	99	0	0	1	1
nouveau (RION)	25	0	0	99	0	0	1	1

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizons A et g humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009)
Epistagnic* Stagnosol *(Calcaric) (WRB, 2006

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+1 – 0	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon discontinu de feuilles fragmentées, zoogène ; sec. Transition graduelle, limite droite.
1 – 15	**Ah**	10YR 3/1	0/4	6	Horizon organo-minéral humifère ; racines présentes ; sec. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
15 – 25	**Ag**	10YR 4/1 + 10YR 8/1	0/4	6.5	Horizon organo-minéral avec traces d'oxydo-réduction ; racines présentes ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse et massive. Transition graduelle, limite droite.
25 – 35	**gh**	10YR 3/1 + 10YR 6/1	0/4	6	Horizon minéral rédoxique humifère, avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; matière organique présente en poches ; sec. Texture limono-argileuse, structure massive. Transition graduelle, limite droite.
35 – 43	**g – Cca**	10YR 8/3	4/4	6	Horizon minéral de transition carbonaté, composé de mélange d'horizon rédoxique et de cailloux (moraine locale du glacier local de la Vallée de Joux) ; sec. Texture limono-argileuse, structure massive. Transition et limite non observées.

Relevé 12/88a

Coordonnées ± 3m	496738 / 159246 (anciennes GALLANDAT, 19 juin 1988) 496738 / 159245 (nouvelles RION, 26 juillet 2012) 496739 / 159246 (sol et forme d'humus RION, 18 juillet 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1098 m
Exposition / relief	114° (Sud-Est) / légère pente en direction du lac
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au nord du lac de Bellefontaine, en-dessous d'une prairie de fauche, dans une zone de petits sapins de bouleaux, avec un grand bouleau sur la droite ; nombreux touradons de *Molinia caerulea*

Végétation (1989 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 50 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Cirsium acaule,* forme à *Hypochaeris maculata*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 50 m² et 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** /* Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*

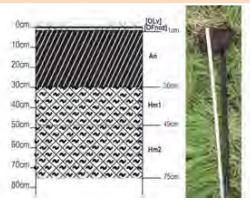
	1988 50m²	2012 50m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**62**	**22**	**15**
Molinia caerulea	2	3	3
Anthoxanthum odoratum	2		
Carex montana	2		
Carex sempervirens	2		
Serratula tinctoria s.str.	2		
Carex flacca	1	2	2a
Carex panicea	1	2	2b
Festuca rubra aggr.	1	1	+
Potentilla erecta	1	1	1
Briza media	1	+	+
Anemone narcissiflora	1		
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	1		
Astrantia major	1		
Cerastium fontanum subsp. *vulgare*	1		
Leucanthemum adustum	1		
Festuca ovina aggr.	1		
Galium boreale	1		
Galium pumilum	1		
Gymnadenia conopsea	1		
Hippocrepis comosa	1		
Leontodon hispidus s.str.	1		
Lotus corniculatus	1		
Luzula campestris	1		
Traunsteinera globosa	1		
Plantago media	1		
Polygala amarella	1		
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	1		
Rhinanthus minor	1		
Sanguisorba officinalis	1		
Trollius europaeus	1		
Trifolium montanum	1		
Trifolium pratense s.str.	1		
Succisa pratensis	+	2	2a
Gentiana lutea	+	+	+
Primula farinosa	+	+	
Valeriana dioica	+	+	
Dactylorhiza fistulosa	+	r	
Ajuga reptans	+		
Antennaria dioica	+		
Carex pulicaris	+		
Centaurea jacea s.str.	+		
Cirsium acaule	+		
Colchicum autumnale	+		
Coeloglossum viride	+		
Crocus albiflorus	+		
Cynosurus cristatus	+		
Dianthus superbus	+		
Helictotrichon pubescens	+		
Lathyrus pratensis	+		
Linum catharticum	+		
Narcissus radiiflorus	+		
Phyteuma orbiculare	+		
Prunella vulgaris	+		
Ranunculus montanus	+		
Scabiosa lucida	+		
Thymus pulegioides s.str.	+		
Thesium pyrenaicum	+		
Trisetum flavescens	+		
Vicia cracca s.str.	+		
Alchemilla vulgaris aggr.	r		
Crepis mollis	r		
Silene flos-cuculi	r		
Carex davalliana		2	2b
Carex nigra		2	2a
Swertia perennis		2	2a
Angelica sylvestris		+	
Bartsia alpina		+	+
Carex flava		+	
Equisetum palustre		+	+
Eriophorum angustifolium		+	
Galium uliginosum		+	+
Parnassia palustris		+	+
Cirsium rivulare		r	

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	50	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	50	0	0	90	0	0	95	10
nouveau (RION)	25	0	0	90	0	0	95	10

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL MÉSIQUE calcique, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Hemic, Folic, Ombric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
EUANMOOR *(Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+3 – 0	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFnoz]**	-	-	-	Horizon de fragmentation discontinu, non-zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 30	**An**	10YR 2/1	-	5.5	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines présentes ; très humide. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
30 – 49	**Hm1**	10YR 2/2	7	4.5	Horizon histique mésique ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
49 – 75	**Hm2**	10YR 2/2	5	4.5	Horizon histique mésique ; très humide. Transition et limite non observées.

Relevé 58/59b

Coordonnées ± 3m	496729 / 159337 (anciennes GALLANDAT, 16 juin 1989) 496728 / 159339 (nouvelles RION, 27 juin 2013) 496725 / 159337 (sol et forme d'humus RION, 18 juillet 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1100 m
Exposition / relief	108° (Est) / en légère pente en direction du lac
Pente	3°
Utilisation humaine	fauché
Repères, remarques	au nord du lac de Bellefontaine, dans le champ fauché, au-dessus du relevé 12_88a ; caillou calcaire présent à droite du relevé ; la zone a été creusée et probablement un peu aplanie en août 2013

Végétation (1989 ; 2013)

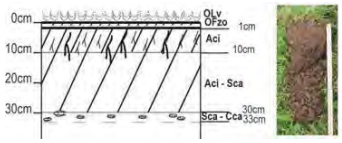
VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*, variante à *Carex hostiana*, forme à *Cynosurus cristatus*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*, variante à *Carex hostiana*, forme à *Cynosurus cristatus*

	1989 25m²	2013 25m²	2013 25m²
nombre d'espèces	**62**	**41**	**41**
Serratula tinctoria s.str.	2	2	2b
Carex sempervirens	2	+	+
Carex caryophyllea	2		
Molinia caerulea	1	2	2b
Anthoxanthum odoratum	1	1	1
Carex panicea	1	1	1
Sanguisorba officinalis	1	1	1
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	1	+	+
Briza media	1	+	+
Galium boreale	1	+	+
Galium pumilum	1	+	+
Linum catharticum	1	+	+
Lotus corniculatus	1	+	+
Luzula multiflora	1	+	+
Potentilla erecta	1	+	+
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	1	+	+
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Trifolium montanum	1	+	+
Gymnadenia conopsea	1	r	r
Anemone narcissiflora	1		
Carex pulicaris	1		
Colchicum autumnale	1		
Festuca ovina aggr.	1		
Hippocrepis comosa	1		
Polygala amarella	1		
Primula farinosa	1		
Rhinanthus minor	1		
Scabiosa lucida	1		
Thesium pyrenaicum	1		
Carex flacca	+	1	1
Alchemilla vulgaris aggr.	+	+	+
Cardamine pratensis	+	+	+
Bromus erectus s.str.	+	+	+
Centaurea jacea s.str.	+	+	+
Lathyrus pratensis	+	+	+
Dactylorhiza fistulosa	+	+	+
Trollius europaeus	+	+	+
Trifolium pratense s.str.	+	+	+
Ajuga reptans	+	r	r
Agrostis capillaris	+		
Antennaria dioica	+		
Aster bellidiastrum	+		
Cerastium fontanum subsp. *vulgare*	+		
Cirsium acaule	+		
Cirsium tuberosum	+		
Coeloglossum viride	+		
Crocus albiflorus	+		
Gentiana cruciata	+		
Gentiana lutea	+		
Gentiana verna	+		
Helictotrichon pubescens	+	+	+
Hieracium pilosella	+		
Narcissus poeticus	+		
Nardus stricta	+		
Phyteuma orbiculare	+		
Plantago media	+		
Polygala vulgaris s.str.	+		
Ranunculus auricomus aggr.	+		
Sanguisorba minor s.str.	+		
Selaginella selaginoides	+		
Thymus pulegioides s.str.	+		
Valeriana dioica	+		
Succisa pratensis		2	2a
Carum carvi		1	1
Festuca rubra aggr.		1	1
Carex pallescens		+	+
Cynosurus cristatus		+	+
Dactylis glomerata		+	+
Pimpinella major		+	+
Plantago lanceolata		+	+
Silene flos-cuculi		+	+
Valeriana officinalis		+	+
Leucanthemum adustum		r	r
Platanthera chlorantha		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	25	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	25	0	0	100	2	0	2	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL	**CALCOSOL décarbonaté en surface** (BAIZE & GIRARD, 2009) **Cambisol** (WRB, 2006)
FORME D'HUMUS	**DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Haplic* DYSMULL** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; mycélium présent ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon de fragmentation continu, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 10	**Aci**	10YR 3/3	0/4	5.5	Horizon organo-minéral décarbonaté ; racines abondantes ; absence d'éléments grossiers ; présence de vers de terre et d'enchytréides ; sec, Texture limono-sableuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
10 – 30	**Aci – Sca**	10YR 3/3	1/4	5.5	Horizon de transition, avec mélange d'horizon organo-minéral décarbonaté et d'horizon structural carbonaté ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse et polyédrique. Transition graduelle, limite droite.
30 – 33	**Sca – Cca**	10YR 3/3 10YR 5/6	3/4	6	Horizon minéral de transition carbonaté, avec mélange d'horizon structural et de petits cailloux et graviers ; sec. Texture limono-argileuse, structure subpolyédrique. Transition et limite non observées.

Relevé 804

Coordonnées ± 3m	495892 / 158515 (anciennes GALLANDAT, 4 août 1975) 495891 / 158514 (nouvelles RION, 24 juillet 2012) 495891 / 158514 (sol et forme d'humus RION, 19 juillet 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1096 m
Exposition / relief	348° (Nord-Ouest) / en légère pente en direction de la tourbière des Grands Pins
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	près du lieu-dit « Chez Bourgeois », au nord-ouest du lac de Bellefontaine et à l'est de la tourbière des Grands Pins ; prairie de fauche à l'arrière ; les roseaux sont abondamment présents tout autour

Végétation (1975 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 50 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*, variante à *Phragmites australis*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 50 m² et 25 m²) : *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*, variante à *Phragmites australis*

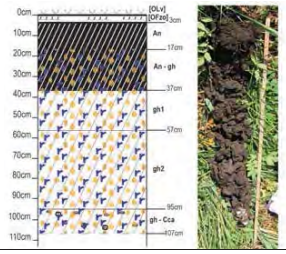
	1975 50m²	2012 50m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**4**	**9**	**8**
Filipendula ulmaria	5	2	2b
Phragmites australis	2	4	4
Carex acutiformis	1	3	3
Colchicum autumnale	r	r	r
Cirsium rivulare		2	2a
Trollius europaeus		2	2a
Sanguisorba officinalis		1	1
Valeriana officinalis		1	1
Vicia cracca s.str.		r	

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	50	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	50	0	0	100	0	0	100	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	0	0	100	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **RÉDOXISOL surrédoxique, à horizons g humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011) **EUANMOOR *(Folic, Ombric)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon	Analyses de laboratoire
+2 – 0	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches (discontinu) ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.	
0 – 3	**[OFzo]**	-	0/4	6	Horizon de fragmentation discontinu, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.	
3 – 17	**An**	10YR 2/2	0/4	6	Horizon organo-minéral à anmoor, avec racines abondantes ; sec ; absence d'éléments grossiers ; présence de vers de terre. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.	
17 – 37	**An – gh**	10YR 2/2	0/4	6	Horizon de transition compact ; sec ; absence d'éléments grossiers. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Présence de marbrures dues à la relocalisation du fer (rédoxique). Transition graduelle, limite droite.	
37 – 57	**gh1**	10YR 3/1	0/4	6	Horizon minéral rédoxique humifère ; sec ; absence d'éléments grossiers. Texture limono-argileuse, structure compacte. Transition graduelle, limite droite.	
57 – 95	**gh2**	10YR 3/1	0/4	6	Horizon minéral rédoxique humifère ; sec ; absence d'éléments grossiers ; présence de fibres non-décomposées. Texture argileuse, structure compacte. Transition graduelle, limite droite.	**Texture argileuse** 65% argiles / 33% limons / 2% sables
95 – 107	**gh - Cca**	10YR 3/1 + 10YR 8/1	0/4	6	Horizon minéral de transition ; sec ; présence de 20% de cailloux carbonatés (≤ 5 cm). Transition et limite non observées.	**Texture argileuse** 45% argiles / 39% limons / 16% sables

Relevé 807

Coordonnées ± 3m	495928 / 158444 (anciennes GALLANDAT, 4 août 1975) 495929 / 158441 (nouvelles RION, 24 juillet 2012) 495929 / 158441 (sol et forme d'humus RION, 19 juillet 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1098 m
Exposition / relief	0° (Nord) / en très légère pente, proche de la tourbière des Grands Pins
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	près du lieu-dit « Chez Bourgeois », au nord-ouest du lac de Bellefontaine et proche de la tourbière des Grands Pins ; en-dessous du relevé 804 ; prairie de fauche à l'arrière ; nombreux touradons de *Molinia caerulea*

Végétation (1975 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Caricetum davallianae / Caricetum davallianae typicum*, variante typique
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** /* Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*

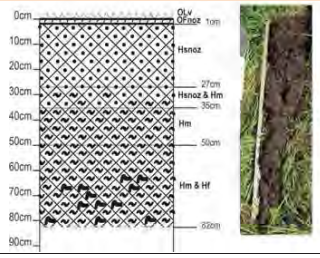
	1975 20m²	2012 20m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**23**	**16**	**16**
Molinia caerulea	3	3	3
Trollius europaeus	2	+	+
Bartsia alpina	2		
Eriophorum latifolium	2		
Primula farinosa	2		
Trichophorum cespitosum	2		
Carex davalliana	1	2	2b
Succisa pratensis	1	2	2a
Carex rostrata	1		
Parnassia palustris	1		
Carex hostiana	+	1	1
Equisetum palustre	+		
Juncus effusus	+		
Leontodon hispidus s.str.	+		
Dactylorhiza fistulosa	+		
Pinguicula vulgaris	+		
Selaginella selaginoides	+		
Alchemilla vulgaris aggr.	r		
Epipactis palustris	r		
Euphrasia rostkoviana	r		
Listera ovata	r		
Lotus corniculatus	r		
Valeriana dioica	r		
Carex panicea		2	2a
Festuca ovina aggr.		2	2a
Sanguisorba officinalis		2	2a
Galium boreale		1	1
Potentilla erecta		1	1
Carex flacca		+	+
Carex montana		+	+
Cirsium rivulare		+	+
Filipendula ulmaria		+	+
Galium pumilum		+	+
Veratrum album s.l.		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	90	0	0	100	10
nouveau (RION)	25	0	0	90	0	0	100	10

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL MÉSIQUE à horizons sapriques en surface, calcique, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Hemic, Folic, Ombric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **MÉSIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011)
MESIMODER *(Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon	Analyse de laboratoire
+1 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.	
0 – 1	**OFnoz**	-	-	-	Horizon de fragmentation discontinu, non-zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.	
1 – 27	**Hsnoz**	10YR 2/1	9	5.5	Horizon histique saprique non-zoogène ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.	PAF : 70.04% (MO)
27 – 35	**Hsnoz & Hm**	10YR 2/1	6	5.5	Horizon histique de juxtaposition, avec un horizon saprique non-zoogène composé de fibres en poche ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.	
35 – 50	**Hm**	10YR 2/2	6	5.5	Horizon histique mésique ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.	
50 – 82	**Hm & Hf**	10YR 2/2 10YR 3/1	4	5.5	Horizon histique de juxtaposition, avec un horizon mésique composé d'un horizon fibrique en poche ; légèrement humide. Transition et limite non observées.	

Relevé 809

Coordonnées ± 3m	497172 / 159478 (anciennes GALLANDAT, 4 août 1975) 497172 / 159481(nouvelles RION, 27 juin 2013) 497170 / 159484 (sol et forme d'humus RION, 14 août 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1091 m
Exposition / relief	138° (Sud-Est) / en pente en direction du lac des Mortes
Pente	3°
Utilisation humaine	fauché
Repères, remarques	au nord du lac des Mortes ; dans la deuxième partie du champ, proche de la lisière ; le sentier se situe à 20 m environ du point GPS du relevé ; saule présent en face du point GPS

Végétation (1975 ; 2013)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²) — *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Bartsia alpina*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²) — *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Bartsia alpina*

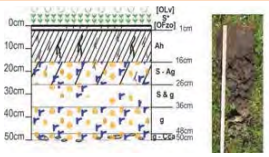
	1975 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**43**	**32**	**29**
Molinia caerulea	2	2	2a
Succisa pratensis	2	2	2a
Carex davalliana	2	1	1
Carex panicea	2	1	1
Carex caryophyllea	2		
Carex hostiana	1	2	2b
Potentilla erecta	1	1	1
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Ranunculus nemorosus aggr.	1	+	+
Lotus corniculatus	1	r	r
Anemone narcissiflora	1		
Carex sempervirens	1		
Colchicum autumnale	1		
Lathyrus pratensis	1		
Linum catharticum	1		
Parnassia palustris	1		
Scabiosa lucida	1		
Carex flacca	+	1	1
Cirsium rivulare	+	1	1
Galium boreale	+	+	+
Hippocrepis comosa	+	+	+
Dactylorhiza fistulosa	+	+	+
Primula farinosa	+	+	+
Sanguisorba officinalis	+	+	+
Trollius europaeus	+	+	+
Trifolium pratense s.str.	+	+	+
Trifolium montanum	+	+	+
Valeriana dioica	+	+	+
Prunella vulgaris	+	r	
Rhinanthus minor	+	r	r
Serratula tinctoria s.str.	+	r	r
Agrostis capillaris	+		
Antennaria dioica	+		
Anthoxanthum odoratum	+		
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	+		
Centaurea jacea s.str.	+		
Gentiana campestris s.str.	+		
Gentiana verna	+		
Gymnadenia conopsea	+		
Pinguicula vulgaris	+		
Thesium pyrenaicum	+		
Veratrum album s.l.	r	r	r
Carex pulicaris	r		
Bartsia alpina		1	1
Carex montana		+	+
Gallium palustre		+	+
Dactylorhiza incarnata		+	+
Ajuga reptans		r	r
Plantago media		r	
Swertia perennis		r	r
Valeriana officinalis		r	

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	95	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	80	20	0	20	20
nouveau (RION)	25	0	0	80	20	0	20	20

Sol et forme d'humus (2013)

SOL — **RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon A humifère** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS — **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+4 – +3	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches (discontinu) ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
+3 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon de fragmentation discontinu, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 16	**Ah**	10YR 3/1	0/4	6	Horizon organo-minéral humifère ; légèrement humide ; présence de racines ; absence d'éléments grossiers. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse, pâteuse et collante. Transition graduelle, limite droite.
16 – 26	**Sg – Ag**	10YR 3/1	0/4	6	Horizon de transition avec un mélange d'horizon organo-minéral et structural ; absence d'éléments grossiers ; quelques racines présentes ; présence de taches d'oxydo-réduction sous forme de marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure polyédrique et mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
26 – 36	**S & g**	10YR 4/1 + 10YR 6/1	0/4	6	Horizon de juxtaposition structural avec poches d'horizon rédoxique et de marbrures de redistribution du fer ; sec. Texture limono-argileuse, structure polyédrique. Transition graduelle, limite droite.
36 – 48	**g**	10YR 4/1	0/4	6.5	Horizon minéral rédoxique, avec marbrures de redistribution hétérogène du fer ; sec. Texture argileuse, structure compacte. Transition graduelle, limite droite.
48 – 50	**g – Cca**	10YR 4/1	4/4	6	Horizon minéral de transition, rédoxique et calcaire ; sec ; présence de quelques cailloux calcaires (≤ 5 cm). Texture argileuse, structure massive. Transition et limite non observées.

Relevé 810

Coordonnées ± 3m	497181 / 159669 (anciennes GALLANDAT, 4 août 1975) 497180 / 159666 (nouvelles RION, 26 juillet 2012) 497182 / 159662 (sol et forme d'humus RION, 14 août 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1098 m
Exposition / relief	14° (Nord) / en pente en direction du lac des Mortes
Pente	2°
Utilisation humaine	probablement anciennement fauché
Repères, remarques	au nord du lac des Mortes et au Sud du ruisseau des Mortes ; proche de la lisière ; en légère pente en direction du ruisseau

Végétation (1975 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Bartsia alpina*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Bartsia alpina*

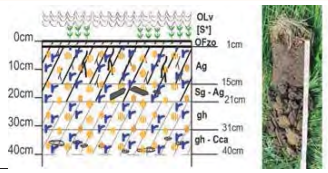
	1975 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**54**	**34**	**34**
Molinia caerulea	2	2	2b
Sanguisorba officinalis	2	2	2a
Trollius europaeus	2	1	1
Carex sempervirens	2	1	1
Colchicum autumnale	2	+	+
Carex panicea	2	+	+
Galium boreale	1	2	2a
Potentilla erecta	1	2	2a
Centaurea jacea s.str.	1	1	1
Euphrasia rostkoviana	1	+	+
Thesium pyrenaicum	1	+	+
Agrostis capillaris	1		
Carum carvi	1		
Carex caryophyllea	1		
Rhinanthus minor	1		
Scabiosa lucida	1		
Trifolium repens s.str.	1		
Trifolium pratense s.str.	1		
Valeriana dioica	1		
Anemone narcissiflora	2		
Carex flacca	+	2	2a
Succisa pratensis	+	2	2a
Campanula rotundifolia	+	1	1
Gentiana lutea	+	1	1
Carex hostiana	+	+	+
Deschampsia cespitosa	+	+	+
Trifolium montanum	+	+	+
Vicia cracca s.str.	+	r	r
Cirsium acaule	+	r	r
Alchemilla vulgaris aggr.	+		
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	+		
Bartsia alpina	+		
Campanula rhomboidalis	+		
Carex pulicaris	+		
Cirsium rivulare	+		
Crepis mollis	+		
Galium uliginosum	+		
Gentiana campestris s.str.	+		
Gymnadenia conopsea	+		
Hippocrepis comosa	+		
Linum catharticum	+		
Lotus corniculatus	+		
Parnassia palustris	+		
Plantago media	+		
Polygala amarella	+		
Primula elatior s.str.	+		
Primula farinosa	+		
Selaginella selaginoides	+		
Serratula tinctoria s.str.	+		
Thymus pulegioides s.str.	+		
Filipendula ulmaria	r		
Platanthera bifolia	r		
Ranunculus auricomus aggr.	r		
Ranunculus nemorosus aggr.	r		
Astrantia major		2	2b
Bromus erectus s.str.		2	2a
Geranium sylvaticum		2	2a
Pimpinella major		1	1
Agrostis stolonifera		1	1
Briza media		+	+
Carex davalliana		+	+
Leucanthemum vulgare aggr.		+	+
Hieracium murorum aggr.		+	+
Holcus lanatus		+	+
Hypochaeris maculata		+	+
Veratrum album s.l.		+	+
Stachys officinalis s.str.		r	r
Listera ovata		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	100	25	0	90	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	25	0	90	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizons g humifères** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* DYSMULL** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+7 – +2	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente continu ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
+2 – 0	**[S*]**	-	-	-	Horizon de mousses important et discontinu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon de fragmentation continu, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 15	**Ag**	10YR 3/3	0/4	5	Horizon organo-minéral avec traces d'oxydo-réduction ; absence d'éléments grossiers ; racines abondantes ; sec. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
15 – 21	**Sg – Ag**	10YR 4/3	0/4	5	Horizon de transition avec un mélange d'horizon organo-minéral et structural ; absence d'éléments grossiers ; quelques racines présentes ; présence de taches d'oxydo-réduction sous forme de marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; traces de charbon ; sec. Texture limono-argileuse, structure polyédrique et mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
21 – 31	**gh**	GLEY1 7/10Y + 10YR 4/2 + 10YR 7/8	0/4	5	Horizon minéral rédoxique humifère, avec marbrures de redistribution hétérogène du fer (fer oxydé et réduit) ; sec. Texture argileuse, structure compacte. Transition graduelle, limite droite.
31 - 41	**gh – Cca**	GLEY1 7/10Y + 10YR 4/2 + 10YR 7/8 + 10YR 8/2	3/4	5.5	Horizon minéral de transition, composé d'horizon rédoxique humifère et de cailloux calcaires (≤ 3cm) ; traces d'oxydo-réduction ; sec. Texture argileuse, structure massive. Transition et limite non observées.

Relevé 1090

Coordonnées ± 3m	497281 / 159810 (anciennes GALLANDAT, 20 septembre 1977) 497277 / 159810 (nouvelles RION, 28 juin 2013) 497277 / 159813 (sol et forme d'humus RION, 14 août 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1093 m
Exposition / relief	226° (Sud-Ouest) / en pente en direction du ruisseau des Mortes
Pente	5°
Utilisation humaine	fauché
Repères, remarques	à l'est du ruisseau des Mortes ; à 11 m du sentier et proche du pont enjambant le ruisseau

Végétation (1977 ; 2013)

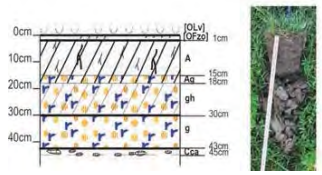
VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*, variante à *Carex hostiana*, forme à *Cynosurus cristatus*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*, variante à *Carex hostiana*, forme à *Cynosurus cristatus*

	1977 20m²	2013 20m²	2013 25m²
nombre d'espèces	**51**	**34**	**35**
Sanguisorba officinalis	2	1	1
Succisa pratensis	2	1	1
Centaurea jacea s.str.	2	+	+
Colchicum autumnale	2	r	r
Carex sempervirens	2		
Galium boreale	2		
Koeleria pyramidata	2		
Molinia caerulea	1	2	2a
Carex flacca	1	1	1
Festuca rubra aggr.	1	1	1
Serratula tinctoria s.str.	1	1	1
Leucanthemum adustum	1	+	+
Phyteuma orbiculare	1	+	+
Potentilla erecta	1	+	+
Thymus pulegioides s.str.	1	+	+
Trifolium pratense s.str.	1	+	+
Valeriana dioica	1	+	+
Gymnadenia conopsea	1	r	r
Carex panicea	1		
Deschampsia cespitosa	1		
Festuca ovina aggr.	1		
Galium pumilum	1		
Linum catharticum	1		
Ophioglossum vulgatum	1		
Plantago media	1		
Prunella vulgaris	1		
Scorzonera humilis	1		
Scabiosa lucida	1		
Swertia perennis	1		
Hippocrepis comosa	+	1	1
Carum carvi	+	+	+
Carex montana	+	+	+
Lotus corniculatus	+	+	+
Trifolium montanum	+	+	+
Vicia cracca s.str.	+	+	+
Agrostis capillaris	+		
Agrostis stolonifera	+		
Alchemilla vulgaris aggr.	+		
Anthoxanthum odoratum	+		
Bromus erectus s.str.	+		
Carex caryophyllea	+		
Cirsium rivulare	+		
Gentiana lutea	+		
Gentiana campestris s.str.	+		
Dactylorhiza incarnata	+		
Thesium pyrenaicum	+		
Trollius europaeus	+		
Veratrum album s.l.	+		
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	r	+	+
Filipendula ulmaria	r		
Ranunculus auricomus aggr.	r		
Carex hostiana		2	2a
Ranunculus acris subsp. *friesianus*		+	+
Briza media		+	+
Dactylis glomerata		+	+
Euphorbia verrucosa		+	+
Helictotrichon pratense		+	+
Lathyrus pratensis		+	+
Plantago lanceolata		+	+
Polygala amarella		+	+
Ajuga reptans		r	r
Medicago lupulina		r	r
Dactylorhiza fistulosa		r	r
Rhinanthus minor			+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	80	20	0	20	20
nouveau (RION)	25	0	0	80	20	0	20	20

Sol et forme d'humus (2013)

SOL	**RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon g humifère** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)
FORMES D'HUMUS	**HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+1 – 0	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches (discontinu) ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon de fragmentation discontinu, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 15	**A**	10YR 3/2	0/4	5	Horizon organo-minéral ; légèrement humide ; présence de racines ; absence d'éléments grossiers. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse, un peu compacte. Transition graduelle, limite droite.
15 – 18	**Ag**	10YR 3/2	0/4	5	Horizon organo-minéral avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; légèrement humide ; absence d'éléments grossiers. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse, un peu compacte. Transition graduelle, limite droite.
18 – 30	**gh**	10YR 4/2 + 10YR 6/2	0/4	5	Horizon minéral rédoxique humifère, avec marbrures de redistribution hétérogène du fer (fer oxydé et réduit) ; sec. Texture argileuse, structure compacte et massive. Transition nette, limite droite.
30 – 43	**g**	GLEY1 6/10Y + GLEY1 7/56Y	0/4	5.5	Horizon minéral rédoxique, avec marbrures de redistribution hétérogène du fer (fer oxydé et réduit) ; sec. Texture argileuse, structure compacte et massive. Transition nette, limite droite.
43 – 45	**Cca**	GLEY1 6/10Y + GLEY 1 7/56Y + 10 YR 7/8	3/4	6	Horizon minéral composé de cailloux calcaires (≤ 3cm) ; sec. Texture limoneuse. Transition et limite non observées.

Relevé 1095

Coordonnées ± 3m	496140 / 158871 (anciennes GALLANDAT, 21 juillet 1976) 496144 / 158872 (nouvelles RION, 27 juin 2013) 496142 / 158871 (sol et forme d'humus RION, 18 juillet 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1105 m
Exposition / relief	114° (Est) / à plat
Pente	0°
Utilisation humaine	fauché
Repères, remarques	dans le champ en haut d'une butte, sur le replat, proche de la barrière faisant un angle droit

Végétation (1976 ; 2012)

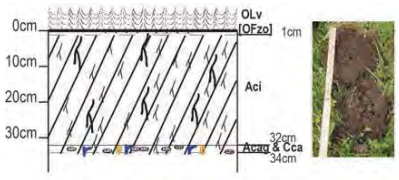
VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Cynosurus cristatus*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Cynosurus cristatus*

	1976 20m²	2013 20m²	2013 25m²
nombre d'espèces	**40**	**37**	**40**
Carex panicea	2	2	2a
Succisa pratensis	2	2	2a
Lotus corniculatus	2	+	+
Agrostis capillaris	2		
Briza media	2		
Carex pulicaris	2		
Centaurea jacea s.str.	2		
Cirsium rivulare	2		
Sanguisorba officinalis	1	2	2a
Trollius europaeus	1	2	2a
Carex flacca	1	1	1
Carex sempervirens	1	+	+
Cynosurus cristatus	1	+	+
Festuca rubra aggr.	1	+	+
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Agrostis stolonifera	1		
Bromus erectus s.str.	1		
Carum carvi	1		r
Prunella vulgaris	1		
Trifolium repens s.str.	1		
Trifolium pratense s.str.	1		
Molinia caerulea	+	2	2a
Potentilla erecta	+	1	1
Serratula tinctoria s.str.	+	1	1
Carex pallescens	+	+	+
Lathyrus pratensis	+	+	+
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	+	+	+
Ajuga reptans	+		
Allium schoenoprasum	+		
Cardamine pratensis	+		
Carex flava	+		
Dactylis glomerata	+		
Galium pumilum	+		
Gentiana lutea	+		r
Gentiana verna	+		
Helictotrichon pubescens	+		
Koeleria pyramidata	+		
Pimpinella major	+		
Plantago media	+		
Rhinanthus minor	+		
Carex hostiana		1	1
Carex montana		1	1
Trifolium medium		1	1
Alchemilla vulgaris aggr.		+	+
Anthoxanthum odoratum		+	+
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*		+	+
Astrantia major		+	+
Carex nigra		+	+
Festuca pratensis s.str.		+	+
Galium boreale		+	+
Gymnadenia conopsea		+	+
Linum catharticum		+	+
Dactylorhiza fistulosa		+	+
Phyteuma orbiculare		+	+
Polygala amarella		+	+
Primula veris s.str.		+	+
Trifolium montanum		+	+
Valeriana dioica		+	+
Valeriana officinalis		r	r
Colchicum autumnale		r	r
Luzula multiflora		r	r
Achillea millefolium			r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	100	5	0	20	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	5	0	20	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL	**RENDOSOL – RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface** (BAIZE & GIRARD, 2009) **Rendzic Leptosol *(Calcaric)* – Stagnosol** (WRB, 2006)
FORME D'HUMUS	**HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+5 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon de fragmentation discontinu, zoogène ; sec. Transition diffuse, limite droite.
1 – 32	**Aci**	10YR 3/2	0/4	6	Horizon organo-minéral décabonaté avec racines abondantes ; sec ; absence d'éléments grossiers. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
32 - 34	**Acag & Cca**	10YR 3/2	4/4	7	Horizon organo-minéral avec poche de cailloux calcaires (20% ≤ 5 cm) ; présence de quelques taches d'oxydo-réduction ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition et limite non observées

Relevé 1106

Coordonnées ± 3m	497238 / 159509 (anciennes GALLANDAT, 3 août 1976) 497235 / 159506 (nouvelles RION, 26 juillet 2012) 497240 / 159503 (sol et forme d'humus RION, 14 août 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1096 m
Exposition / relief	320° (Nord-Ouest) / à plat, en bas de pente
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune (à la limite du *Molinion* fauché)
Repères, remarques	en bas de pente au bord du lac des Mortes, en dessous du relevé 809

Végétation (1976 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 15 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Caricetum davallianae / Caricetum davallianae typicum*, variante typique
VEGETATION ACTUELLE (RION, 15 m² et 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** / Caricetum davallianae / Caricetum davallianae typicum*, variante typique

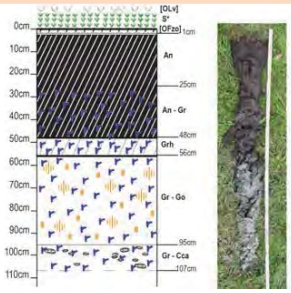
	1976 15m²	2012 15m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**17**	**26**	**28**
Carex davalliana	2	3	3
Molinia caerulea	2	2	2a
Sanguisorba officinalis	2	1	1
Eriophorum angustifolium	2	+	+
Carex lasiocarpa	2		
Potentilla erecta	1	1	1
Pedicularis palustris	1	+	+
Carex nigra	1		
Carex hostiana	+	1	1
Parnassia palustris	+	1	1
Primula farinosa	+	1	1
Eriophorum latifolium	+		
Galium boreale	+		
Succisa pratensis	r	2	2a
Carex panicea	r	1	1
Galium palustre	r		
Prunella vulgaris	r		
Briza media		1	1
Festuca rubra aggr.		1	1
Juncus articulatus		1	1
Angelica sylvestris		+	+
Carex rostrata		+	+
Centaurea jacea s.str.		+	+
Cirsium rivulare		+	+
Filipendula ulmaria		+	+
Valeriana dioica		+	+
Pinguicula vulgaris		+	+
Rhinanthus minor		r	r
Salix repens **B**		r	r
Salix repens **H**		+	+
Trifolium pratense s.str.		r	r
Vicia cracca s.str.		r	r
Gymnadenia conopsea		r	r
Euphrasia rostkoviana			r
Swertia perennis			r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	100	100	0	5	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	100	0	5	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epigleyic* Gleysol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
EUANMOOR (*Folic, Gleyic*) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+5.5 – 5	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poche ; absence de mycélium ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
5 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon de fragmentation discontinu, zoogène ; légèrement humide. Transition graduelle, limite droite.
1 – 25	**An**	10YR 2/1	0/4	6	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines présentes ; légèrement humide. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
25 – 48	**An – Gr**	10YR 2/1 GLEY2 2.5/5PB	0/4	6	Horizon de transition avec un mélange d'horizon organo-minéral à anmoor et d'horizon réductique avec fer réduit ; quelques fibres ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure compacte. Transition nette, limite droite.
48 – 56	**Grh**	GLEY2 5/10B	0/4	6	Horizon minéral réductique humifère, avec fer réduit ; légèrement humide. Texture argileuse, structure compacte. Transition nette, limite droite.
56 – 95	**Gr – Go**	GLEY2 5/5B GLEY2 7/10B GLEY1 8/10Y 10YR 7/8 GLEY1 6/5GY	0/4	7	Horizon minéral de transition réductique, avec fer oxydé et fer réduit ; légèrement humide. Texture argileuse, structure compacte. Transition graduelle, limite droite.
95 – 107	**Gr – Cca**	GLEY1 6/10B	3/4	7	Horizon minéral de transition réductique, avec du fer réduit et des cailloux calcaires ; légèrement humide. Texture argileuse, structure compacte. Transition et limite non observées.

Relevé 1109

Coordonnées ± 3m	497241 / 159571 (anciennes GALLANDAT, 3 août 1976) 497242 / 159570 (nouvelles RION, 27 juin 2013) 497239 / 159569 (sol et forme d'humus RION, 19 juillet 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1101 m
Exposition / relief	136° (Sud-Est) / en pente en direction du lac
Pente	3°
Utilisation humaine	fauché
Repères, remarques	dans le champ en bordure du lac des Mortes, dans le milieu de la pente, proche du sentier ; caillou calcaire affleurant à côté ; prés, présence de nombreux foyers de feu dans le champ en bordure de la forêt ; proche du relevé 5789

Végétation (1976 ; 2013)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²) — *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Cynosurus cristatus*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²) — *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Cynosurus cristatus*

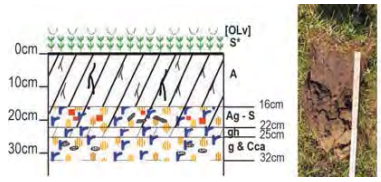
	1976 20m²	2013 20m²	2013 25m²
nombre d'espèces	**49**	**30**	**30**
Galium boreale	4	r	r
Sanguisorba officinalis	2	+	+
Agrostis capillaris	2		
Carex caryophyllea	2		
Centaurea jacea s.str.	2		
Gentiana lutea	2		
Lasergitium latifolium	2		
Thesium pyrenaicum	2		
Veratrum album s.l.	2		
Molinia caerulea	1	2	2a
Carex montana	1	+	+
Cirsium rivulare	1	+	+
Hippocrepis comosa	1	+	+
Potentilla erecta	1	+	+
Trollius europaeus	1	+	+
Briza media	1		
Campanula rhomboidalis	1		
Carex sempervirens	1		
Festuca rubra aggr.	1		
Galium pumilum	1		
Heracleum sphondylium s.str.	1		
Hypericum maculatum s.str.	1		
Phyteuma spicatum	1		
Plantago media	1		
Primula veris s.str.	1		
Scabiosa lucida	1		
Succisa pratensis	+	2	2a
Lotus corniculatus	+	1	1
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	+	+	+
Carex panicea	+	+	+
Lathyrus pratensis	+	+	+
Trifolium pratense s.str.	+	+	+
Vicia cracca s.str.	+	+	+
Anemone narcissiflora	+		
Anthoxanthum odoratum	+		
Bromus erectus s.str.	+		
Campanula rotundifolia	+		
Leucanthemum adustum	+		
Colchicum autumnale	+		
Crepis biennis	+		
Deschampsia cespitosa	+		
Filipendula ulmaria	+		
Helictotrichon pubescens	+		
Koeleria pyramidata	+		
Linum catharticum	+		
Pimpinella major	+		
Prunella vulgaris	+		
Ranunculus auricomus aggr.	+		
Trisetum flavescens	+		
Carex hostiana		2	2a
Carex davalliana		1	1
Carex flacca		1	1
Trifolium medium		1	1
Dactylorhiza incarnata		+	+
Dactylorhiza fistulosa		+	+
Polygala amarella		+	+
Primula farinosa		+	+
Ranunculus acris subsp. *friesianus*		+	+
Trifolium montanum		+	+
Valeriana dioica		+	+
Valeriana officinalis		r	r
Ajuga reptans		r	r
Phyteuma orbiculare		r	r
Serratula tinctoria s.str.		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	80	20	0	20	20
nouveau (RION)	25	0	0	80	20	0	20	20

Sol et forme d'humus (2013)

SOL — **RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon g humifère** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS — **HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic* MESOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+4 – +3	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poche ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
+3 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 16	**A**	10YR 3/2	0/4	5	Horizon organo-minéral compact, avec racines présentes ; sec ; absence d'éléments grossiers. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse avec agrégats stables. Transition graduelle, limite droite.
16 – 22	**Ag – S**	10YR 4/2	0/4	5	Horizon de transition, avec un mélange d'horizon organo-minéral et structural ; présence de bouts de briques et de charbon ; sec. Texture argilo-limoneuse, structure polyédrique et mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
22 – 25	**gh**	10YR 4/2 + GLEY1 7/10Y	0/4	5	Horizon minéral rédoxique humifère, avec marbrures de fer réduit et oxydé ; sec. Texture argileuse, structure compacte. Transition graduelle, limite droite.
25 – 32	**g & Cca**	GLEY1 7N + GLEY1 7/10Y	4/4	6	Horizon minéral de juxtaposition, avec un horizon rédoxique (avec traces d'oxydo-réduction) et quelques cailloux calcaires ; sec. Texture argileuse, structure compacte. Transition et limite non observés.

Relevé 1110

Coordonnées ± 3m	496956 / 159251 (anciennes GALLANDAT, 3 août 1976) 496957 / 159254 (nouvelles RION, 27 juin 2013) 496954 / 159254 (sol et forme d'humus RION, 18 juillet 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1091 m
Exposition / relief	170° (Sud-Est) / en légère pente en direction du lac des Mortes
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	en bordure Nord du lac des Mortes ; épicéa présent à 6 m en dessus du point GPS

Végétation (1976 ; 2013)

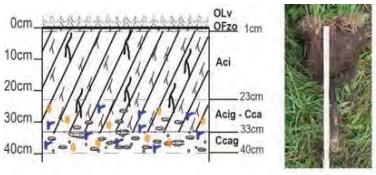
VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*, variante à *Cirsium acaule*, forme à *Hypochaeris maculata*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*, variante à *Cirsium acaule*, forme à *Hypochaeris maculata*

	1976 20m²	2013 20m²	2013 25m²
nombre d'espèces	**31**	**21**	**21**
Molinia caerulea	2	2	2b
Sanguisorba officinalis	2	2	2a
Serratula tinctoria s.str.	2	2	2b
Gentiana lutea	2	1	1
Carex caryophyllea	2		
Centaurea jacea s.str.	2		
Carex flacca	1	2	2a
Succisa pratensis	1	2	2a
Carex panicea	1	1	1
Trollius europaeus	1	1	1
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Agrostis stolonifera	1		
Briza media	1		
Dianthus superbus	1		
Thesium pyrenaicum	1		
Anemone narcissiflora	+	+	+
Carex sempervirens	+	+	+
Colchicum autumnale	+	r	r
Angelica sylvestris	+		
Campanula rotundifolia	+		
Leucanthemum adustum	+		
Cirsium acaule	+		
Crepis mollis	+		
Dactylis glomerata	+		
Festuca rubra	+		
Gymnadenia conopsea	+		
Helictotrichon pubescens	+		
Luzula multiflora	+		
Silene vulgaris s.str.	+		
Veratrum album s.str.	+		
Potentilla erecta	r	1	1
Carex montana		2	2a
Astrantia major		+	+
Cirsium rivulare		+	+
Valeriana dioica		+	+
Dactylorhiza fistulosa		r	r
Phyteuma orbiculare		r	r
Pimpinella major		r	r
Platanthera chlorantha		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	90	10	0	10	10
nouveau (RION)	25	0	0	90	10	0	10	10

Sol et forme d'humus (2013)

SOL	**RENDISOL – RÉDOXISOL leptique** (BAIZE & GIRARD, 2009) **Rendzic Leptosol *(Hypereutric)* – Stagnosol** (WRB,
FORME D'HUMUS	**HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic* DYSMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon de fragmentation continu, zoogène ; sec. Transition diffuse, limite droite.
1 – 23	**Aci**	10YR 2/2	1/4	5	Horizon organo-minéral décarbonaté compact, avec racines abondantes ; sec ; absence d'éléments grossiers. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition diffuse, limite droite.
23 – 33	**Acig – Cca**	10YR 2/2	1/4	5	Horizon de transition composé d'un mélange d'horizon organo-minéral décarbonaté et d'horizon minéral ; moins compact ; présence de quelques petites racines ; sec ; présence de quelques petits cailloux (≤ 5 cm) et de taches d'oxydo-réduction. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
33 – 40	**Ccag**	10YR 6/2 + 10YR 7/4	4/4	7	Horizon minéral fragmenté composé de cailloux (≤ 5 cm) et de graviers (≤ 2 cm) ; présence de taches d'oxydo-réduction. Texture limono-argileuse. Transition et limite non observées.

Relevé 1114

Coordonnées ± 3m	496100 / 158181 (anciennes GALLANDAT, 5 août 1976) 496106 / 158181 (nouvelles RION, 24 juillet 2012) 496107 / 158174 (sol et forme d'humus RION, 19 juillet 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1089 m
Exposition / relief	354° (Nord) / en pente en direction de la tourbière des Grands Pins
Pente	5°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	en bordure de la route allant aux lacs, en bordure de champ fauché et en bordure de la tourbière des Grands Pins ; rochers présents aux alentours

Végétation (1976 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 100 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum typicum*, variante à *Trollius europaeus*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 100 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Filipendulion** / Aconito-Filipenduletum / Aconito-Filipenduletum typicum*, variante à *Trollius europaeus*

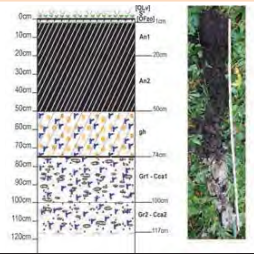
	1976 100m²	2012 100m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**25**	**23**	**13**
Filipendula ulmaria	5	4	5
Polygonum bistorta	2	2	2a
Geranium sylvaticum	2	1	
Ajuga reptans	2		
Cirsium rivulare	1	1	1
Dactylis glomerata	1	1	1
Deschampsia cespitosa	1	1	+
Heracleum sphondylium s.str.	1	1	
Galium mollugo s.str.	1	+	+
Sanguisorba officinalis	1	+	
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Agropyron repens	1		
Primula elatior s.str.	1		
Astrantia major	+	1	
Hypericum maculatum s.str.	+	1	1
Molinia caerulea	+	1	+
Rubus idaeus	+	1	
Gentiana lutea	+	+	
Geum rivale	+	+	
Agrostis stolonifera	+		
Colchicum autumnale	+		
Festuca rubra aggr.	+		
Knautia dipsacifolia s.str.	+		
Trollius europaeus	+		
Vicia sepium	r		
Succisa pratensis		1	
Carex montana		+	
Campanula rhomboidalis		+	
Carex pallescens		+	+
Equisetum palustre		+	+
Lathyrus pratensis		+	+
Silene dioica		+	
Carex hostiana			+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	100	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	100	0	0	100	15	0	80	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	15	0	80	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL réductique, à horizon g humifère** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic, Endogleyic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
EUANMOOR (*Folic, Ombric, Gleyic*) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon	Analyse de laboratoire
+1.5 – 1	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poche ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.	
1 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; sec. Transition nette, limite droite.	
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon de fragmentation discontinu, non-zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.	
1 – 20	**An1**	10YR 2/1	0/4	5.5	Horizon organo-minéral à anmoor avec racines abondantes ; sec ; absence d'éléments grossiers ; présence d'enchytréides. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.	
20 – 50	**An2**	10YR 2/1	0/4	6	Horizon organo-minéral à anmoor avec racines abondantes ; sec ; absence d'éléments grossiers ; présence de vers de terre. Texture limoneuse, structure pâteuse. Transition nette, limite droite.	
50 – 74	**gh**	10YR 3/2 10YR 7/2	0/4	6.5	Horizon minéral rédoxique humifère, marbrures de fer réduit et oxydée ; sec ; absence d'éléments grossiers. Texture limono-argileuse, structure compacte et collante. Transition nette, limite droite.	
74 – 100	**Gr1 – Cca1**	GLEY1 8/10Y	4/4	8	Horizon minéral de transition ; sec ; présence de 40% de cailloux carbonatés (≤ 5 cm) et de fer réduit. Transition graduelle, limite droite.	**Texture limoneuse** 11% argiles / 39% limons / 50% sables
100 – 117	**Gr2 – Cca2**	GLEY1 7/N	4/4	8	Horizon minéral de transition ; sec ; présence de 20% de cailloux carbonatés (≤ 5 cm) et de fer réduit. Transition et limite non observées.	**Texture limoneuse** 13% argiles / 43% limons / 44 % sables

Relevé 1115

Coordonnées ± 3m	496768 / 159096 (anciennes GALLANDAT, 5 août 1976) 496770 / 159094 (nouvelles RION, 23 juin 2012) 496768 / 159097 (sol et forme d'humus RION, 18 juillet 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1092 m
Exposition / relief	200° (Sud-Ouest) / en légère pente en direction du lac
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au bord du lac de Bellefontaine, en bordure du sentier longeant les lacs ; relevé entre des saules ; proche des relevés 1117 et 1118

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	100	5	0	80	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	5	0	80	0

Végétation (1976 ; 2012)

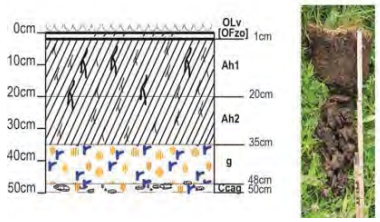
VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Cirsium acaule,* forme à *Hypochaeris maculata*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Cirsium acaule,* forme à *Hypochaeris maculata*

	1976 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**54**	**30**	**30**
Molinia caerulea	2	3	3
Sanguisorba officinalis	2	3	3
Serratula tinctoria s.str.	2	3	3
Gentiana lutea	2	2	2a
Galium boreale	2	1	1
Carex sempervirens	2	+	+
Carex montana	2		
Cirsium acaule	2		
Carex flacca	1	2	2a
Potentilla erecta	1	2	2a
Succisa pratensis	1	2	2a
Thesium pyrenaicum	1	1	1
Festuca rubra aggr.	1	1	1
Helictotrichon pubescens	1	1	1
Colchicum autumnale	1	+	+
Crepis mollis	1	+	+
Lotus corniculatus	1	+	+
Trifolium montanum	1	+	+
Picea abies **B**	1	r	
Picea abies **H**		r	r
Achillea millefolium	1		
Bromus erectus s.str.	1		
Centaurea scabiosa s.str.	1		
Phyteuma orbiculare	1		
Sanguisorba minor s.str.	1		
Trollius europaeus	+	2	2a
Astrantia major	+	+	+
Lathyrus pratensis	+	+	+
Luzula multiflora	+	+	+
Primula farinosa	+	+	+
Trifolium pratense s.str.	+	+	+
Vicia cracca s.str.	+	+	+
Agrostis capillaris	+		
Alchemilla vulgaris aggr.	+		
Antennaria dioica	+		
Brachypodium pinnatum	+		
Campanula rotundifolia	+		
Centaurea jacea s.str.	+		
Dactylis glomerata	+		
Dianthus superbus	+		
Euphorbia verrucosa	+		
Galium pumilum	+		
Gymnadenia conopsea	+		
Heracleum sphondylium s.str.	+		
Hippocrepis comosa	+		
Hypericum maculatum s.str.	+		
Knautia arvensis	+		
Koeleria pyramidata	+		
Linum catharticum	+		
Pimpinella major	+		
Rhinanthus minor	+		
Thymus pulegioides s.str.	+		
Carex pallescens	r		
Leucanthemum adustum	r		
Hieracium murorum aggr.	r		
Angelica sylvestris		1	1
Cirsium rivulare		1	1
Anthoxanthum odoratum		+	+
Briza media		+	+
Carex panicea		+	+
Leucanthemum vulgare aggr.		+	+

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL leptique, à horizons A humifères en surface (**BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORMES D'HUMUS **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon de fragmentation discontinu, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 20	**Ah1**	10YR 3/2	0/4	6	Horizon organo-minéral humifère, avec racines abondantes ; sec ; présence de vers de terre ; absence d'éléments grossiers. Texture limono-sableuse, structure mésogrumeleuse avec agrégats stables. Transition nette, limite droite.
20 – 35	**Ah2**	10YR 3/1	0/4	6	Horizon organo-minéral humifère, avec racines ; sec ; absence d'éléments grossiers. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse avec agrégats stables. Transition graduelle, limite droite.
35 – 48	**g**	10YR 4/2 + 10YR 5/2	0/4	6	Horizon minéral rédoxique, avec marbrures de redistribution hétérogène du fer (fer oxydé et réduit) ; sec. Texture limono-argileuse, structure compacte et massive. Transition graduelle, limite droite.
48 – 50	**Cca**	10YR 4/2 + 10 YR 5/2	4/4	7	Horizon minéral composé d'éléments grossiers carbonatés (10 % de cailloux ≤ 5cm, et 60% de graviesr ≤ 2cm); sec. Transition et limite non observés.

Relevé 1117

Coordonnées ± 3m	496827 / 159166 (anciennes GALLANDAT, 5 août 1976) 496826 / 159168 (nouvelles RION, 24 juin 2012) 496824 / 159168 (sol et forme d'humus RION, 18 juillet 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1092 m
Exposition / relief	144° (Sud-Est) / en légère pente en direction du lac
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au bord du lac de Bellefontaine, en bordure du sentier longeant les lacs ; gros épicéas présents proches du relevé ; à droite, une butte est présente avec des rochers et arbres ; proche des relevés 1115 et 1118

Végétation (1976 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²) — *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Cirsium acaule,* forme à *Hypochaeris maculata*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²) — *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Cirsium acaule,* forme à *Hypochaeris maculata*

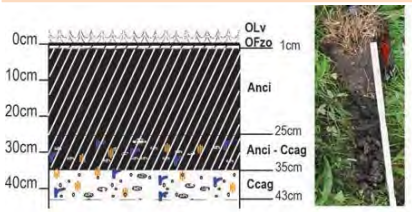
	1976 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**36**	**17**	**16**
Serratula tinctoria s.str.	3	3	3
Molinia caerulea	2	4	4
Carex montana	2	1	1
Gentiana lutea	2	+	+
Trollius europaeus	1	3	3
Centaurea montana	1	2	2a
Galium boreale	1	1	1
Potentilla erecta	1	1	1
Sanguisorba officinalis	1	1	1
Succisa pratensis	1	1	1
Festuca rubra aggr.	1	+	+
Agrostis capillaris	1		
Astrantia major	1		
Carex sempervirens	1		
Cirsium acaule	1		
Hippocrepis comosa	1		
Thesium pyrenaicum	1		
Carex flacca	+	2	2a
Carex panicea	+	1	1
Briza media	+	+	+
Anemone narcissiflora	+		
Bromus erectus s.str.	+		
Carex caryophyllea	+		
Dactylis glomerata	+		
Dianthus superbus	+		
Euphrasia rostkoviana	+		
Festuca ovina aggr.	+		
Gentiana campestris s.str.	+		
Lotus corniculatus	+		
Luzula multiflora	+		
Phyteuma orbiculare	+		
Plantago media	+		
Scabiosa lucida	+		
Vicia cracca s.str.	+		
Centaurea jacea s.str.	r		
Picea abies	r		
Cirsium rivulare		2	2a
Angelica sylvestris		+	+
Veratrum album s.l.		+	

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	95	0	0	100	5
nouveau (RION)	25	0	0	95	0	0	100	5

Sol et forme d'humus (2013)

SOL — **RENDISOL - RÉDOXISOL leptique** (BAIZE & GIRARD, 2009)
Rendzic Leptosol *(Hypereutric)* – Stagnosol (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS — **EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
EUANMOOR *(Folic, Ombric)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 25	**Anci**	10YR 2/2	1/4	5	Horizon organo-minéral à anmoor décarbonaté, avec racines abondantes ; sec ; absence d'éléments grossiers. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse avec agrégats stables. Transition graduelle, limite droite.
25 – 35	**Anci – Ccag**	10YR 2/2	1/4	5	Horizon de transition, avec mélange d'horizon organo-minéral à anmoor et de cailloux et graviers (60%) ; présence de taches d'oxydo-réduction ; présence de racines ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse et compacte. Transition graduelle, limite droite.
35 – 43	**Ccag**	10YR 6/2 + 10YR 7/4	4/4	7	Horizon minéral composé de cailloux et graviers calcaires ; présence de taches d'oxydo-réduction ; sec. Texture plutôt argileuse, structure massive. Transition et limite non observées.

Relevé 1118

Coordonnées ± 3m	496809 / 159136 (anciennes GALLANDAT, 5 août 1976) 496813 / 159149 (nouvelles RION, 25 juillet 2012) 496809 / 159149 (sol et forme d'humus RION, 18 juillet 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1098 m
Exposition / relief	160° (Sud-Est) / en légère pente en direction du lac
Pente	2°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	au bord du lac de Bellefontaine, en bordure du sentier longeant les lacs ; proche des relevés 1115 et 1117

Végétation (1976 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 40 m²)
*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Cirsium acaule,* forme à *Hypochaeris maculata*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 40 m² et 25 m²)
*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Cirsium acaule,* forme à *Hypochaeris maculata*

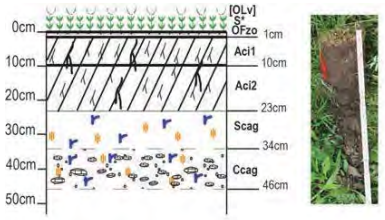
	1976 40m²	2012 40m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**45**	**28**	**30**
Carex montana	2	2	2a
Molinia caerulea	2	2	2b
Serratula tinctoria s.str.	2	2	2b
Succisa pratensis	2	2	2a
Galium boreale	1	2	2a
Gentiana lutea	1	1	1
Carex flacca	1	1	1
Potentilla erecta	1	1	1
Sanguisorba officinalis	1	1	1
Trollius europaeus	1	1	1
Carex sempervirens	1	+	+
Euphrasia rostkoviana	1	+	+
Gentiana campestris s.str.	1	+	+
Lotus corniculatus	1	+	+
Thesium pyrenaicum	1	+	+
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Agrostis capillaris	1		
Campanula rotundifolia	1		
Centaurea jacea s.str.	1		
Leucanthemum adustum	1		
Festuca rubra aggr.	1		
Linum catharticum	1		
Luzula multiflora	1		
Astrantia major	+	2	2a
Angelica sylvestris	+	+	+
Bromus erectus s.str.	+	+	+
Briza media	+	+	+
Cirsium acaule	+	+	+
Trifolium montanum	+	r	r
Carex panicea	+		
Carex pallescens	+		
Carex caryophyllea	+		
Crepis mollis	+		
Galium pumilum	+		
Gymnadenia conopsea	+		
Helictotrichon pubescens	+		
Hippocrepis comosa	+		
Koeleria pyramidata	+		
Phyteuma orbiculare	+		
Plantago media	+		
Ranunculus auricomus aggr.	+		
Thymus pulegioides s.str.	+		
Hieracium murorum aggr.	r	r	r
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	r		
Primula farinosa	r		
Festuca ovina aggr.		1	1
Campanula rhomboidalis		+	+
Holcus lanatus		+	+
Leucanthemum vulgare aggr.		r	r
Knautia arvensis		r	r
Colchicum autumnale			r
Geranium sylvaticum			r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	40	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	40	0	0	100	20	0	30	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	20	0	30	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **CALCOSOL – RÉDOXISOL leptique, décarbonaté en surface** (BAIZE & GIRARD, 2009) **Cambisol (*Calcaric*) – Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic* DYSMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+4 – +3	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches (discontinu) ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
+3 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**OFzo**	-	-	-	Horizon de fragmentation continu, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 10	**Aci1**	10YR 2/2	0/4	6	Horizon organo-minéral décarbonaté ; racines abondantes ; absence d'éléments grossiers ; sec. Texture limoneuse, structure micro à mésogrumeleuse. Transition nette, limite droite.
10 – 23	**Aci2**	10YR 2/2	0/4	6	Horizon organo-minéral décarbonaté ; présence de racines ; absence d'éléments grossiers ; sec. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
23 – 34	**Scag**	10YR 3/2	4/4	7	Horizon structural calcaire, avec taches d'oxydo-réduction ; sec. Texture limono-argileuse, structure polyédrique. Transition diffuse, limite droite.
34 – 46	**Ccag**	10YR 6/2 10YR 7/4	4/4	7	Horizon minéral calcaire, composé de cailloux, de sables et de graviers ; sec. Texture limoneuse. Transition et limite non observées.

Relevé 1376

Coordonnées ± 3m	496693 / 159344 (anciennes GALLANDAT, 21 juin 1977) 496692 / 159347 (nouvelles RION, 27 juin 2013) 496689 / 159347 (sol et forme d'humus RION, 18 juillet 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1104 m
Exposition / relief	90° (Est) / en légère pente en direction du lac
Pente	1°
Utilisation humaine	fauché
Repères, remarques	dans un champ, en bordure de forêt ; en dessus des relevés 58_89b et 12_88a ; traces d'aplanissement, avec de nombreux trous creusés et rebouchés entre juillet et août 2013

Végétation (1977 ; 2013)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 35 m²)
*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Cirsium acaule*, forme à *Hypochaeris maculata*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 35 m² et 25 m²)
*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana*, forme à *Cynosurus cristatus*

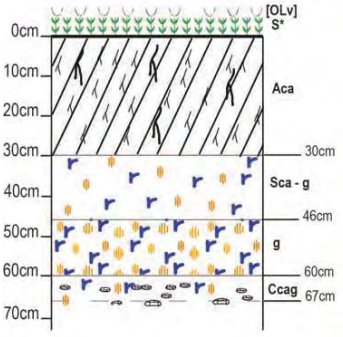
	1977 35m²	2013 35m²	2013 25m²
nombre d'espèces	**44**	**43**	**43**
Serratula tinctoria s.str.	3	1	1
Carex montana	3	+	+
Carex sempervirens	2		
Hippocrepis comosa	2		
Carex panicea	1	1	1
Festuca rubra aggr.	1	1	1
Molinia caerulea	1	1	1
Briza media	1	+	+
Lotus corniculatus	1	+	+
Luzula multiflora	1	+	+
Gymnadenia conopsea	1	+	+
Polygala amarella	1	+	+
Potentilla erecta	1	+	+
Galium boreale	1	+	+
Sanguisorba officinalis	1	+	+
Anemone narcissiflora	1		
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	1		
Bromus erectus s.str.	1		
Cirsium acaule	1		
Crocus albiflorus	1		
Festuca ovina aggr.	1		
Galium pumilum	1		
Gentiana lutea	1		
Gentiana verna	1		
Hypochaeris maculata	1		
Plantago media	1		
Primula farinosa	1		
Sanguisorba minor s.str.	1		
Thymus pulegioides s.str.	1		
Thesium pyrenaicum	1		
Trifolium montanum	1		
Trollius europaeus	+	1	1
Trifolium pratense s.str.	+	1	1
Anthoxanthum odoratum	+	1	1
Centaurea jacea s.str.	+	+	+
Leucanthemum adustum	+	+	+
Ajuga reptans	+	r	r
Antennaria dioica	+		
Crepis mollis	+		
Euphrasia rostkoviana	+		
Koeleria pyramidata	+		
Linum catharticum	+		
Polygala vulgaris s.str.	+		
Scabiosa lucida	+		
Carex flacca		2	1
Succisa pratensis		2	2b
Dactylorhiza fistulosa		1	1
Carum carvi		+	+
Carex hostiana		+	+
Carex flava		+	+
Cerastium fontanum subsp. *vulgare*		+	+
Cirsium palustre		+	+
Cynosurus cristatus		+	+
Helictotrichon pratense		+	+
Lathyrus pratensis		+	+
Dactylorhiza incarnata		+	+
Phyteuma orbiculare		+	+
Ranunculus acris subsp. *friesianus*		+	+
Rhinanthus minor		+	+
Silene flos-cuculi		+	r
Trifolium medium		+	+
Valeriana dioica		+	+
Valeriana officinalis		+	+
Veratrum album s.l.		+	+
Vicia cracca s.str.		+	+
Colchicum autumnale		r	r
Myosotis scorpioides		r	r
Platanthera chlorantha		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	35	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	35	0	0	90	80	0	20	10
nouveau (RION)	25	0	0	90	80	0	20	10

Sol et forme d'humus (2013)

SOL — **RÉDOXISOL leptique, à horizons A et S calcaires** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS — **HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* MESOMULL (*Drying up at the surface, Calcaric*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+4 – +2	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches (discontinu) ; sec ; absence de mycélium. Transition nette, limite droite.
+2 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 30	**Aca**	10YR 3/3	2/4	6	Horizon organo-minéral carbonaté ; racines abondantes ; absence d'éléments grossiers ; présence de vers de terre ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
30 – 46	**Sca – g**	10YR 3/3 + 10YR 5/3	2/4	6	Horizon de transition structural et rédoxique, composé de marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; sec. Texture limono-argileuse, structure polyédrique. Transition graduelle, limite droite.
46 – 60	**g**	10YR 3/3 + 10YR 5/3	0/4	6	Horizon minéral rédoxique, avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; sec. Texture limono-argileuse, structure massive. Transition graduelle, limite droite.
60 – 67	**Ccag**	10YR 5/3	4/4	6	Horizon minéral composé de cailloux calcaires ; sec ; quelques taches d'oxydo-réduction. Texture limono-argileuse, structure massive. Transition et limite non observées.

Relevé 1377

Coordonnées ± 3m	496848 / 159463 (anciennes GALLANDAT, 21 juin 1977) 496848 / 159462 (nouvelles RION, 26 juillet 2012) 496845 / 159462 (sol et forme d'humus RION, 18 juillet 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1104 m
Exposition / relief	98° (Est) / en légère pente en direction du lac
Pente	3°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	en bordure d'un champ fauché, sur le haut de la colline ; à l'est d'une ruine

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)
*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Cirsium acaule,* forme à *Hypochaeris maculata*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)
*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Cirsium acaule,* forme à *Hypochaeris maculata*

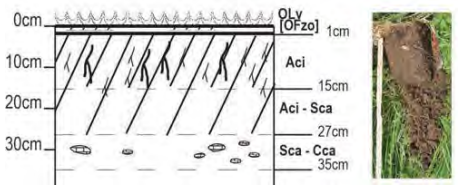
	1977 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	48	31	29
Carex sempervirens	2	2	2a
Serratula tinctoria s.str.	2	2	2b
Carex montana	2	1	1
Gentiana lutea	2	1	1
Cirsium acaule	2	r	r
Anemone narcissiflora	2		
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	2		
Hippocrepis comosa	2		
Plantago media	2		
Primula farinosa	2		
Molinia caerulea	1	3	3
Carex panicea	1	1	1
Potentilla erecta	1	1	1
Festuca rubra aggr.	1	1	1
Sanguisorba officinalis	1	1	1
Leucanthemum adustum	1	+	+
Hypochaeris maculata	1	+	+
Trifolium montanum	1	r	r
Bromus erectus s.str.	1		
Briza media	1		
Carex nigra	1		
Carex pulicaris	1		
Gentiana verna	1		
Koeleria pyramidata	1		
Phyteuma orbiculare	1		
Polygala amarella	1		
Ranunculus auricomus aggr.	1		
Sanguisorba minor s.str.	1		
Scabiosa lucida	1		
Thymus pulegioides s.str.	1		
Carex flacca	+	2	2b
Centaurea jacea s.str.	+	+	+
Gymnadenia conopsea	+	+	+
Thesium pyrenaicum	+	+	+
Lotus corniculatus	+	r	r
Vicia cracca s.str.	+	r	r
Antennaria dioica	+		
Anthoxanthum odoratum	+		
Astrantia major	+		
Carum carvi	+		
Carex caryophyllea	+		
Euphrasia rostkoviana	+		
Gentiana campestris s.str.	+		
Helictotrichon pubescens	+		
Linum catharticum	+		
Nigritella rhellicani	+		
Rhinanthus minor	+		
Trifolium pratense s.str.	+		
Geranium sylvaticum		2	2a
Trollius europaeus		2	2a
Succisa pratensis		1	1
Cirsium rivulare		+	+
Carex davalliana		+	+
Campanula rhomboidalis		r	r
Colchicum autumnale		r	r
Hieracium murorum aggr.		r	
Dactylorhiza fistulosa		r	r
Parnassia palustris		r	r
Pimpinella major		r	r
Plantago lanceolata		r	

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	100	5	0	90	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	5	0	90	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **CALCOSOL décarbonaté en surface** (BAIZE & GIRARD, 2009)
Cambisol *(Calcaric)* (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Haplic* OLIGOMULL** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+2 – 0	**OLv**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en tapis continu ; sec ; mycélium. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon de fragmentation discontinu, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 15	**Aci**	10YR 3/2	0/4	6	Horizon organo-minéral décarbonaté ; racines abondantes ; absence d'éléments grossiers ; présence de vers de terre ; sec. Texture argilo-limoneuse, structure mésogrumeleuse et un peu compacte. Transition diffuse, limite droite.
15 – 27	**Aci – Sca**	10YR 3/3	1/4	6	Horizon de transition organo-minéral et structural ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition diffuse, limite droite.
27 – 35	**Sca – Cca**	10YR 3/3 10YR 8/4	4/4	6	Horizon de transition structural et composé de 10% de cailloux calcaires ; sec. Texture limono-argileuse. Transition et limite non observées.

N.B. : dans ce sondage, il manque l'information sur la présence ou non de mousses !

Relevé 1496

Coordonnées ± 3m	496607 / 158918 (anciennes GALLANDAT, 1er août 1977) 496612 / 158922 (nouvelles RION, 23 juin 2012) 496612 / 158923 (sol et forme d'humus RION, 18 juillet 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1092 m
Exposition / relief	130° (Est) / en très légère pente en direction du lac
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	en bordure du lac de Bellefontaine, dans une zone à épicéas, et proche du sentier

Végétation (1977 ; 2012)

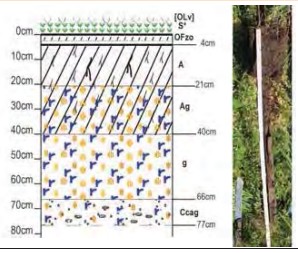
VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Bartsia alpina*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Bartsia alpina*

	1977 25m²	2012 25m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**53**	**28**	**28**
Molinia caerulea	2	2	2b
Trollius europaeus	2	2	2b
Bartsia alpina	2	1	1
Sanguisorba officinalis	2	1	1
Succisa pratensis	2	1	1
Cirsium rivulare	1	1	1
Anthoxanthum odoratum	1	+	+
Briza media	1	+	+
Carex panicea	1	+	+
Festuca rubra aggr.	1	+	+
Colchicum autumnale	1	+	+
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Potentilla erecta	1	+	+
Agrostis capillaris	1		
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	1		
Carex pulicaris	1		
Carex sempervirens	1		
Carex caryophyllea	1		
Festuca ovina aggr.	1		
Gentiana campestris s.str.	1		
Koeleria pyramidata	1		
Linum catharticum	1		
Parnassia palustris	1		
Scabiosa lucida	1		
Thymus pulegioides s.str.	1		
Thesium pyrenaicum	1		
Trifolium montanum	1		
Valeriana dioica	+	1	1
Swertia perennis	+	1	1
Astrantia major	+	+	+
Carex hostiana	+	+	+
Carex montana	+	+	+
Gymnadenia conopsea	+	+	+
Lotus corniculatus	+	+	+
Luzula multiflora	+	+	+
Polygonum bistorta	+	+	+
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	+	+	+
Centaurea jacea s.str.	+		
Leucanthemum adustum	+		
Deschampsia cespitosa	+		
Galium pumilum	+		
Gentiana verna	+		
Juncus alpinoarticulatus	+		
Phyteuma orbiculare	+		
Plantago media	+		
Primula farinosa	+		
Prunella vulgaris	+		
Ranunculus montanus	+		
Selaginella selaginoides	+		
Trifolium pratense s.str.	+		
Veratrum album s.l.	+		
Dactylorhiza fistulosa	r		
Pinguicula vulgaris	r		
Anemone narcissiflora		2	2b
Carex flacca		2	2a
Carex davalliana		1	1
Galium uliginosum		+	+
Leontodon hispidus s.str.		+	+

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	25	-	-	100	75	-	-	-
nouveau (RION)	25	0	0	95	30	0	5	5

Sol et forme d'humus (2013)

SOL	**RÉDOXISOL surrédoxique** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)
FORME D'HUMUS	**HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) ***Stagnic* DYSMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+3.5 – +2.5	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches (discontinu) ; sec ; mycélium présent. Transition nette, limite droite.
+2.5 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses important et continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 4	**OFzo**	-	-	-	Horizon de fragmentation continu, zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
4 – 21	**A**	10YR 3/2	0/4	6	Horizon organo-minéral ; sec ; racines abondantes ; absence d'éléments grossiers ; présence de quelques sables. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
21 – 40	**Ag**	10YR 3/1	0/4	6	Horizon organo-minéral avec taches d'oxydo-réduction ; sec. Texture limono-argileuse, structure compacte. Transition graduelle, limite droite.
40 – 66	**g**	GLEY1 5/10Y + 10YR 6/2 + 10YR 8/3 + 10YR 8/1	0/4	6	Horizon minéral rédoxique, avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; sec. Texture argileuse, structure massive. Transition graduelle, limite droite.
66 – 77	**Ccag**	GLEY1 5/10Y + 10YR 6/2	4/4	7	Horizon minéral composé de 70% de graviers et de 10% de cailloux calcaires ; sec ; présence de taches d'oxydo-réduction. Texture limono-argileuse. Transition et limite non observées.

Relevé 1497

Coordonnées ± 3m	496564 / 158249 (anciennes GALLANDAT, 4 août 1977) 496566 / 158250 (nouvelles RION, 26 juin 2013) 496568 / 159249 (sol et forme d'humus RION, 14 août 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1102 m
Exposition / relief	288° (Ouest) / en très légère pente en direction de la route et du lac
Pente	2°
Utilisation humaine	fauché
Repères, remarques	en bordure de la route des Lacs

Végétation (1977 ; 2013)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²)
*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Cynosurus cristatus*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²)
*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Cynosurus cristatus*

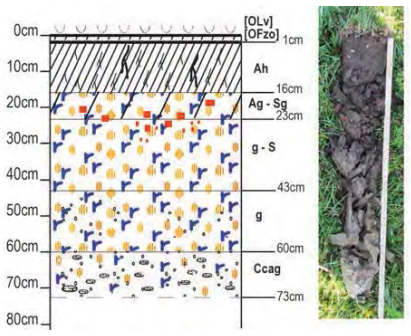
	1977 30m²	2013 30m²	2013 25m²
nombre d'espèces	**67**	**43**	**41**
Carex panicea	2	2	2a
Molinia caerulea	2	2	2a
Trollius europaeus	2	2	2a
Valeriana dioica	2	2	2a
Cirsium rivulare	2	1	1
Sanguisorba officinalis	2	1	1
Centaurea jacea s.str.	2	+	
Carex pulicaris	2		
Anthoxanthum odoratum	1	1	1
Briza media	1	1	1
Carum carvi	1	1	1
Lotus corniculatus	1	1	1
Medicago lupulina	1	1	1
Trifolium pratense s.str.	1	1	1
Carex hostiana	1	+	+
Leucanthemum adustum	1	+	+
Cynosurus cristatus	1	+	+
Festuca rubra aggr.	1	+	+
Lathyrus pratensis	1	+	+
Linum catharticum	1	+	+
Prunella vulgaris	1	+	+
Succisa pratensis	1	+	+
Vicia cracca s.str.	1	+	+
Colchicum autumnale	1	r	r
Agrostis capillaris	1		
Alchemilla vulgaris aggr.	1		
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	1		
Bromus erectus s.str.	1		
Euphrasia rostkoviana	1		
Gentiana lutea	1		
Gymnadenia conopsea	1		
Hippocrepis comosa	1		
Koeleria pyramidata	1		
Ophioglossum vulgatum	1		
Phyteuma orbiculare	1		
Plantago media	1		
Potentilla erecta	1		
Primula elatior s.str.	1		
Scabiosa lucida	1		
Thesium pyrenaicum	1		
Trifolium montanum	1		
Carex flacca	+	2	2a
Helictotrichon pubescens	+	1	1
Carex davalliana	+	+	+
Carex flava	+	+	+
Rhinanthus minor	+	+	+
Veratrum album s.str.	+	r	r
Ajuga reptans	+	r	r
Achillea millefolium	+		
Astrantia major	+		
Campanula rhomboidalis	+		
Campanula rotundifolia	+		
Carex pallescens	+		
Crepis mollis	+		
Deschampsia cespitosa	+		
Equisetum palustre	+		
Festuca pratensis s.str.	+		
Galium boreale	+		
Galium pumilum	+		
Heracleum sphondylium s.str.	+		
Parnassia palustris	+		
Polygala amarella	+		
Primula farinosa	+		
Ranunculus montanus	+		
Serratula tinctoria s.str.	+		
Cirsium acaule	r		
Listera ovata	r		
Carex nigra		2	2a
Ranunculus acris subsp. *friesianus*		2	2a
Filipendula ulmaria		1	1
Alchemilla fissa aggr.		+	+
Cardamine udicola		+	+
Holcus lanatus		+	+
Juncus filiformis		+	+
Dactylorhiza fistulosa		+	+
Plantago lanceolata		+	+
Primula veris s.str.		+	+
Silene flos-cuculi		+	+
Allium schoenoprasum		r	
Caltha palustris		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	15	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	100	1	0	1	0
nouveau (RION)	25	0	0	100	1	0	1	0

Sol et forme d'humus

SOL **RÉDOXISOL surrédoxique, avec traces de briques, à horizon A humifère en surface** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* OLIGOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+0.5 – 0	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches (discontinu) ; légèrement humide ; pas de mycélium. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon de fragmentation discontinu, zoogène ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
1 – 16	**Ah**	10YR 3/2	0/4	5.5	Horizon organo-minéral humifère, avec racines abondantes ; légèrement humide ; absence d'éléments grossiers. Texture limoneuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
16 – 23	**Ag – Sg**	10YR 4/2	0/4	5.5	Horizon de transition, organo-minéral et structural ; légèrement humide ; présence de taches d'oxydo-réduction ; présence de bouts de briques. Texture argilo-limoneuse, structure subpolyédrique et massive. Transition graduelle, limite droite.
23 – 43	**g – S**	10YR 4/1	0/4	5	Horizon structural, rédoxique et structural ; légèrement humide ; marbrures de fer réduit et de fer oxydé. Texture argilo-limoneuse, structure subpolyédrique. Transition graduelle, limite droite.
43 – 60	**g**	GLEY1 6/10Y + GLEY1 8/5GY + 10YR 7/8	0/4	7	Horizon minéral rédoxique, avec marbrures de fer réduit et de fer oxydé ; légèrement humide. Texture argileuse, structure massive. Transition graduelle, limite droite.
60 – 73	**Ccag**	GLEY1 6/10Y + 10YR 8/1	4/4	7	Horizon minéral composé de petits cailloux et graviers calcaires ; présence de taches d'oxydo-réduction ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure massive. Transition et limite non observées.

Relevé 1498

Coordonnées ± 3m	496660 / 158336 (anciennes GALLANDAT, 4 août 1977) 496660 / 158335 (nouvelles RION, 26 juin 2013) 496663 / 158336 (sol et forme d'humus RION, 14 août 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1110 m
Exposition / relief	318° (Nord-Ouest) / dans une petite cuvette, en très légère pente en direction de la route et du lac
Pente	1°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	en bordure de la route des Lacs ; proche du relevé 1497 ; proche de petits épicéas et saules ; relevé humide avec un sol tourbeux et litière abondante ; nombreux touradons de *Molinia caerulea* ; en bordure de champ fauché

Végétation (1977 ; 2013)

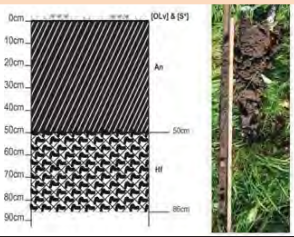
VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 20 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Bartsia alpina*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 20 m² et 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** /* Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*

	1977 20m²	2013 20m²	2013 25m²
nombre d'espèces	**52**	**28**	**28**
Molinia caerulea	2	3	3
Carex panicea	2	1	1
Trollius europaeus	2	1	1
Agrostis stolonifera	2		
Succisa pratensis	2	+	+
Briza media	2		
Carex hostiana	2		
Carex pulicaris	2		
Caltha palustris	1	2	2a
Equisetum palustre	1	1	1
Polygonum bistorta	1	1	1
Sanguisorba officinalis	1	+	+
Carex davalliana	1	+	+
Swertia perennis	1	+	+
Valeriana dioica	1	+	+
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	1		
Centaurea jacea s.str.	1		
Cirsium rivulare	1		
Colchicum autumnale	1		
Deschampsia cespitosa	1		
Euphrasia rostkoviana	1		
Festuca rubra aggr.	1		
Galium boreale	1		
Juncus alpinoarticulatus	1		
Koeleria pyramidata	1		
Lotus corniculatus	1		
Parnassia palustris	1		
Potentilla erecta	1		
Prunella vulgaris	1		
Rhinanthus minor	1		
Scabiosa lucida	1		
Thesium pyrenaicum	1		
Trifolium montanum	1		
Trifolium pratense s.str.	1		
Vicia cracca s.str.	1		
Anthoxanthum odoratum	+	+	+
Carex nigra	+	+	+
Filipendula ulmaria	+	+	+
Bartsia alpina	+		
Carex flacca	+		
Cardamine pratensis	+		
Leucanthemum adustum	+		
Festuca pratensis s.str.	+		
Geum rivale	+		
Polygala amarella	+		
Primula elatior s.str.	+		
Primula farinosa	+		
Ranunculus auricomus aggr.	+	+	+
Veratrum album s.l.	+		
Cirsium palustre	r	1	1
Dactylorhiza incarnata	r		
Phyteuma orbiculare	r		
Potentilla palustris		1	1
Crepis mollis		+	+
Allium schoenoprasum		+	+
Angelica sylvestris		+	+
Astrantia major		+	+
Carex flava		+	+
Crepis paludosa		+	+
Lathyrus pratensis		+	+
Luzula multiflora		+	+
Dactylorhiza fistulosa		r	r
Valeriana officinalis		r	r
Carex rostrata		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	20	-	-	100	100	-	-	-
nouveau (RION)	20	0	0	80	10	0	19	1
nouveau (RION)	25	0	0	80	10	0	19	1

Sol et forme d'humus (2013)

SOL	**HISTOSOL FIBRIQUE calcique, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Fibric* Histosol** (WRB, 2006)
FORME D'HUMUS	**EUHISTOANMOOR** (ZANELLA *et al.*, 2011) **EUANMOOR (*Folic, Ombric, Garbic)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+1 – 0	**[OLv] & [S*]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches, avec poches de mousses ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 50	**An**	10YR 2/1	-	5	Horizon organo-minéral à anmoor ; racines présentes ; très humide. Texture limono-argileuse, structure pâteuse et mésogrumeleuse. Transition diffuse, limite nette.
50 – 86	**Hf**	10YR 3/3	4	5	Horizon histique très fibreux ; très humide. Transition et limite non observées.

Relevé 1601

Coordonnées ± 3m	496344 / 159045 (anciennes GALLANDAT, 5 septembre 1977) 496346 / 159046 (nouvelles RION, 25 juillet 2012) 496343 / 159053 (sol et forme d'humus RION, 14 août 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1099 m
Exposition / relief	118° (Est) / en très légère pente vers le nord-est
Pente	2°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	en bordure d'un petit sentier passant à travers la tourbière ; situé entre deux lisières ; un caillou calcaire est présent dans le relevé

Végétation (1977 ; 2013)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²): *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Bartsia alpina*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²): *Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Bartsia alpina*

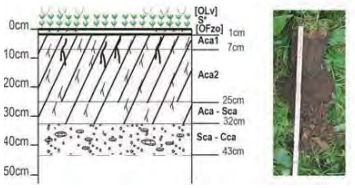
	1977 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**39**	**43**	**39**
Succisa pratensis	3	2	2a
Astrantia major	2	2	2a
Carex sempervirens	2	2	2a
Molinia caerulea	2	2	2a
Carex montana	2	1	1
Carex panicea	2		
Stachys officinalis s.str.	1	2	1
Carex flacca	1	2	2a
Serratula tinctoria s.str.	1	2	2b
Potentilla erecta	1	1	1
Sanguisorba officinalis	1	1	1
Bartsia alpina	1	+	+
Trollius europaeus	1	1	1
Briza media	1	+	+
Lotus corniculatus	1	+	
Primula farinosa	1	+	+
Thesium pyrenaicum	1	+	+
Cirsium acaule	1		
Galium pumilum	1		
Linum catharticum	1		
Phyteuma orbiculare	1		
Valeriana dioica	1		
Cirsium tuberosum	+	1	1
Genista tinctoria	+	1	1
Cirsium rivulare	+	+	+
Festuca ovina aggr.	+	+	+
Hippocrepis comosa	+	+	+
Parnassia palustris	+	+	+
Trifolium montanum	+	+	+
Vicia cracca s.str.	+	+	+
Colchicum autumnale	+	r	
Gentiana lutea	+	r	r
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	+		
Carex pulicaris	+		
Gymnadenia conopsea	+		
Picea abies	+		
Salix repens	+		
Antennaria dioica	r		
Calluna vulgaris	r		
Agrostis capillaris		+	
Arenaria serpyllifolia		+	+
Bromus erectus s.str.		+	+
Carex davalliana		+	+
Carex umbrosa		+	
Centaurea jacea s.str.		+	+
Leucanthemum vulgare aggr.		+	+
Galium uliginosum		+	+
Gentiana campestris s.str.		+	+
Lathyrus pratensis		+	+
Listera ovata		+	+
Dactylorhiza fistulosa		+	+
Pimpinella major		+	+
Pinus mugo subsp. *uncinata* **B**		+	+
Campanula rotundifolia		r	r
Swertia perennis		r	r
Hieracium murorum aggr.		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	-	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	98	25	2	40	0
nouveau (RION)	25	0	0	98	25	2	40	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL: **CALCOSOL haplique** (BAIZE & GIRARD, 2009) **Cambisol (*Calcaric)*** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS: **OLIGOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011) **OLIGOMULL (*Calcaric)*** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+3 – 2	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches ; sec. Transition nette, limite droite.
+2 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; sec ; présence d'escargots, mycélium présent. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFzo]**	-	-	-	Horizon de fragmentation discontinu, zooqène ; sec. Transition nette, limite droite.
1 – 7	**Aca1**	10YR 3/3	2/4	6	Horizon organo-minéral calcaire ; racines abondantes ; absence d'éléments grossiers ; sec, Texture limono-sableuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
7 – 25	**Aca2**	10YR 3/3	2/4	6	Horizon organo-minéral calcaire ; racines présentes ; absence d'éléments grossiers ; sec, Texture limono-sableuse, structure mésogrumeleuse. Transition graduelle, limite droite.
25 – 32	**Aca – Sca**	10YR 3/4	4/4	6	Horizon de transition, organo-minéral et structural carbonaté ; absence d'éléments grossiers ; sec. Texture limono-argileuse, structure mésogrumeleuse et polyédrique. Transition graduelle, limite droite.
32 – 43	**Sca – Cca**	10YR 4/4 10YR 8/2	4/4	7	Horizon de transition, structural et riche en minéral ; composé de 10% de cailloux et de 80% de graviers calcaires ; sec. Texture limono-argileuse, structure massive. Transition et limite non observées.

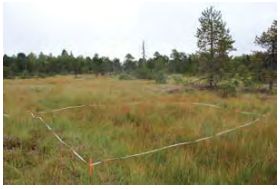
Relevé 1608

Coordonnées ± 3m	496258 / 158924 (anciennes GALLANDAT, 5 septembre 1977) 496257 / 158922 (nouvelles RION, 16 août 2012) 496250 / 158919 (sol et forme d'humus RION, 14 août 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1099 m
Exposition / relief	60° (Nord-Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	dans la tourbière du Loutret, au nord du lac de Bellefontaine ; proche des relevés 1601, 1609 et 1610 ; eau présente dans le relevé sous forme de gouilles

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 10 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae* / *Tofieldietalia* / ***Caricion davallianae*** / Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartia alpina*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 10 m² et 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae* / *Tofieldietalia* / ***Caricion davallianae*** / Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartia alpina*

	1977 10m²	2012 10m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**13**	**14**	**14**
Molinia caerulea	2	2	2a
Carex rostrata	2	1	1
Eriophorum latifolium	2		
Primula farinosa	2		
Trichophorum alpinum	2		
Eriophorum angustifolium	1	1	1
Bartsia alpina	1	r	r
Parnassia palustris	1	r	r
Carex panicea	1		
Trichophorum cespitosum	+	3	3
Potentilla erecta	+	1	1
Pinguicula vulgaris	+	+	+
Carex hostiana	+		
Calluna vulgaris		1	1
Drosera rotundifolia		1	1
Andromeda polifolia		+	+
Rhynchospora alba		+	+
Succisa pratensis		+	+
Picea abies **H**		r	r

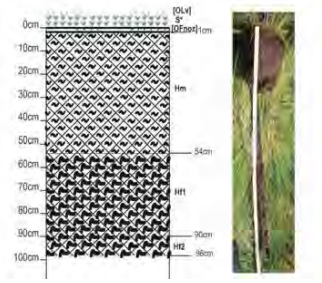


Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	10	-	-	60	100	-	-	-
nouveau (RION)	10	0	0	70	80	0	100	0
nouveau (RION)	25	0	0	70	80	0	100	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique en surface, acide, flottant, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Fibric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **MÉSIHISTOMOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
MESIMOR (*Folic, Ombric, Garbic*) (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+4 – +2	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
2 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 1	**[OFnoz]**	-	-	-	Horizon de fragmentation discontinu, zoogène ; très humide. Transition nette, limite droite.
1 – 54	**Hm**	10YR 2/2	5	4.5	Horizon histique mésique ; racines abondantes ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
54 – 90	**Hf1**	10YR 3/3	3	4.5	Horizon histique très fibreux ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
90 – 98	**Hf2**	10YR 3/3	3	4.5	Horizon histique très fibreux ; très humide. Transition et limite non observées.

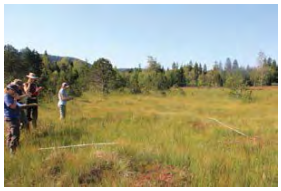
Relevé 1609

Coordonnées ± 3m	496276 / 158894 (anciennes GALLANDAT, 5 septembre 1977) 496273 / 158891 (nouvelles RION, 25 juillet 2012) 496271 / 158890 (sol et forme d'humus RION, 18 juillet 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1102 m
Exposition / relief	106° (Est) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	dans la tourbière du Loutret, au nord du lac de Bellefontaine ; entre des pins ; proche des relevés 1601, 1608 et 1610

Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae* / *Tofieldietalia* / ***Caricion davallianae*** / Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 25 m²)	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae* / *Tofieldietalia* / ***Caricion davallianae*** / Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartia alpina*

	1977 25m²	2012 25m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**11**	**19**	**19**
Molinia caerulea	5	1	1
Succisa pratensis	2	1	1
Trichophorum cespitosum	1	2	2b
Carex panicea	1		
Salix repens	1		
Bartsia alpina	+	1	1
Potentilla erecta	+	1	1
Eriophorum vaginatum	+	+	+
Carex davalliana	+		
Cirsium rivulare	+		
Swertia perennis	+		
Carex rostrata		2	2a
Eriophorum angustifolium		2	2a
Calluna vulgaris		1	1
Drosera intermedia		1	1
Drosera rotundifolia		1	1
Rhynchospora alba		1	1
Andromeda polifolia		+	+
Carex nigra		+	+
Eughrasia rostkoviana		+	+
Menyanthes trifoliata		+	+
Vaccinium oxycoccos		+	+
Primula farinosa		+	+
Trichophorum alpinum		+	+

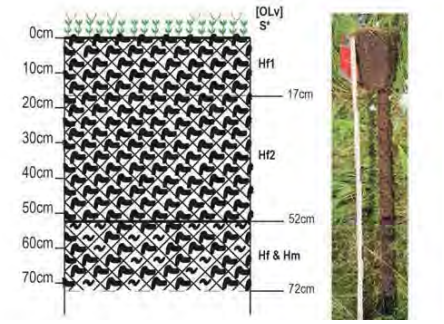


Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	25	-	-	90	40	-	-	-
nouveau (RION)	25	0	0	45	95	0	5	55

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique, acide, flottant, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Fibric* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **MÉSIHISTOMOR** (ZANELLA *et al.*, 2011)
MESIMOR (*Folic, Ombric, Garbic)* (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+3 – +2	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+2 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 17	**Hf1**	10YR 3/3	3	5	Horizon histique très fibreux ; racines abondantes ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
17 – 52	**Hf2**	10YR 3/3	3	4	Horizon histique très fibreux ; racines présentes ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
52 – 72	**Hf & Hm**	10YR 2/2	5	4.5	Horizon histique de juxtaposition, avec un horizon fibrique contenant des fibres plus décomposées en poche ; très humide. Transition et limite non observées.

Relevé 1610

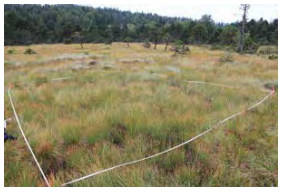
Coordonnées ± 3m	496268 / 158948 (anciennes GALLANDAT, 5 septembre 1977) 496266 / 158947 (nouvelles RION, 16 août 2012) 496264 / 158945 (sol et forme d'humus RION, 18 juillet 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1099 m
Exposition / relief	210° (Sud-Ouest) / plat
Pente	0°
Utilisation humaine	aucune
Repères, remarques	dans la tourbière du Loutret, au nord du lac de Bellefontaine ; entre des pins ; proche des relevés 1601, 1608 et 1609 ; arbre mort présent à droite du relevé ; gouilles d'eau présentes de 10 cm de profondeur ; au bord d'un petit sentier traversant la tourbière et passant ensuite par un passage sans arbre

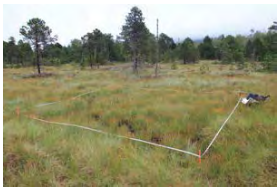
Végétation (1977 ; 2012)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 30 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Tofieldietalia / **Caricion davallianae** /* Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*

VEGETATION ACTUELLE (RION, 30 m² et 25 m²) : *Scheuchzerio-Caricetea fuscae / Scheuchzerietalia palustris / **Rhynchosporion albae** / Rhynchosporetum albae*

	1977 30m²	2012 30m²	2012 25m²
nombre d'espèces	**11**	**7**	**7**
Molinia caerulea	4		
Carex panicea	2		
Carex umbrosa	2		
Sanguisorba officinalis	2		
Succisa pratensis	2		
Swertia perennis	2		
Carex davalliana	1		
Potentilla erecta	1		
Trollius europaeus	1		
Cirsium rivulare	+		
Gentiana lutea	+		
Rhynchospora alba		2	2a
Trichophorum cespitosum		2	2b
Calluna vulgaris		1	1
Eriophorum vaginatum		1	1
Andromeda polifolia		+	+
Carex rostrata		+	+
Eriophorum angustifolium		+	+



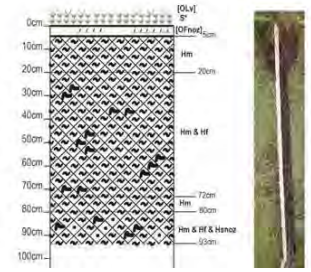


Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	30	-	-	100	40	-	-	-
nouveau (RION)	30	0	0	55	70	0	60	0
nouveau (RION)	25	0	0	55	70	0	60	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL : **HISTOSOL MÉSIQUE, acide, flottant, oligotrophe** (BAIZE & GIRARD, 2009) ***Hemic* Histosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS : **FIBRIHISTOMODER** (ZANELLA *et al.*, 2011) **FIBRIMODER (*Folic, Ombric, Garbic*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	Indice van Post	pH	Description de l'horizon
+3 – +2	**[OLv]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches ; absence de mycélium ; sec. Transition nette, limite droite.
+2 – 0	**S***	-	-	-	Horizon de mousses continu ; sec. Transition nette, limite droite.
0 – 5	**[OFnoz]**	-	-	-	Horizon important de fragmentation discontinu, non-zoogène ; sec. Transition nette, limite droite.
5 – 20	**Hm**	10YR 2/2	5	4	Horizon histique mésique ; racines abondantes ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
20 – 72	**Hm & Hf**	10YR 2/2	5	4	Horizon de juxtaposition composé d'un horizon histique mésique contenant des zones fibreuses en poche ; racines présentes ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
72 – 80	**Hm**	10YR 2/2	4	4	Horizon histique mésique ; très humide. Transition graduelle, limite droite.
80 – 93	**Hm & Hf & Hsnoz**	10YR 2/2	6	4	Horizon de juxtaposition composé d'un horizon histique mésique contenant des zones fibreuses et des zones plus dégradées en poche ; très humide. Transition et limite non observées.

Relevé 5789

Coordonnées ± 3m	497268 / 159616 (anciennes GALLANDAT, 18 juin 1989) 497266 / 159614 (nouvelles RION, 27 juin 2013) 497263 / 159607 (sol et forme d'humus RION, 14 août 2013)
Lieu	**Chapelle-des-Bois**, France
Altitude	1097 m
Exposition / relief	84° (Est) / en très légère pente vers le lac des Mortes
Pente	2°
Utilisation humaine	fauché
Repères, remarques	au nord du lac des Mortes ; proche des relevés 1109, 809 et 1106 ; dans le pré de fauche à 5 mètres d'un bouleau et d'un épicéa, proche du sentier des lacs.

Végétation (1989 ; 2013)

VEGETATION ANCIENNE (GALLANDAT, 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana,* forme à *Bartsia alpina*
VEGETATION ACTUELLE (RION, 25 m²)	*Molinio-Arrhenatheretea / Molinietalia / **Molinion** / Trollio-Molinietum / Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis,* variante à *Carex hostiana*, forme à *Bartsia alpina*

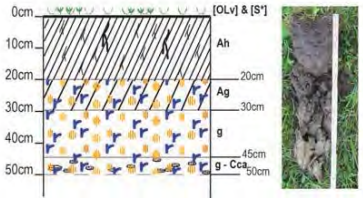
	1989 25m²	2013 25m²	2013 25m²
nombre d'espèces	**42**	**26**	**26**
Carex hostiana	2	2	2b
Molinia caerulea	2	2	2a
Bartsia alpina	2	1	1
Potentilla erecta	2	1	1
Primula farinosa	2	+	+
Sanguisorba officinalis	2	+	+
Carex davalliana	1	1	1
Carex flacca	1	1	1
Carex panicea	1	1	1
Succisa pratensis	1	1	1
Ranunculus acris subsp. *friesianus*	1	+	+
Serratula tinctoria s.str.	1	+	+
Swertia perennis	1	+	+
Trollius europaeus	1	+	+
Valeriana dioica	1	+	+
Briza media	1		
Carex pulicaris	1		
Carex sempervirens	1		
Cirsium tuberosum	1		
Hippocrepis comosa	1		
Phyteuma orbiculare	1		
Rhinanthus minor	1		
Dactylorhiza fistulosa	+	1	1
Trifolium pratense s.str.	+	1	1
Trifolium montanum	+	1	1
Lotus corniculatus	+	+	+
Polygala amarella	+	+	+
Vicia cracca s.str.	+	+	+
Veratrum album s.str.	+	r	r
Anthyllis vulneraria subsp. *alpestris*	+		
Carex caryophyllea	+		
Centaurea jacea s.str.	+		
Galium boreale	+		
Galium uliginosum	+		
Gymnadenia conopsea	+		
Homogyne alpina	+		
Juncus alpinoarticulatus	+		
Parnassia palustris	+		
Pinguicula vulgaris	+		
Plantago media	+		
Prunella vulgaris	+		
Selaginella selaginoides	+		
Cirsium rivulare		+	+
Valeriana officinalis		+	+
Ajuga reptans		r	r
Linum catharticum		r	r

Relevés	surface [m²]	Recouvrements [%] Arbres	Buissons	Herbes	Mousses	Rochers	Litière	Sol nu
ancien (GALLANDAT)	25	-	-	90	-	-	-	-
nouveau (RION)	25	0	0	95	60	0	10	0

Sol et forme d'humus (2013)

SOL **RÉDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon A humifère en surface** (BAIZE & GIRARD, 2009)
***Epistagnic* Stagnosol** (WRB, 2006)

FORME D'HUMUS **HYDROMULL à tendance MÉSOTERROMULL** (ZANELLA *et al.*, 2011)
***Stagnic* MESOMULL (*Drying up at the surface*)** (JABIOL *et al.*, 2013)



Profondeur [cm]	Nom	Couleur	HCl	pH	Description de l'horizon
+1 – 0	**[OLv] & [S*]**	-	-	-	Feuilles d'herbacées de l'année précédente en poches, avec mousses en poches ; légèrement humide. Transition nette, limite droite.
0 – 20	**Ah**	10YR 3/2	0/4	6	Horizon organo-minéral humifère ; racines présentes ; absence d'éléments grossiers ; légèrement humide. Texture limono-argileuse, structure pâteuse et collante. Transition graduelle, limite droite.
20 – 30	**Ag**	10YR 4/2	0/4	5	Horizon organo-minéral, avec taches d'oxydo-réduction ; légèrement humide ; absence d'éléments grossiers. Texture limono-argileuse, structure massive. Transition graduelle, limite droite.
30 – 45	**g**	10YR 6/2 + GLEY1 6/10Y + GLEY1 7/5GY + 10YR 7/8	0/4	6	Horizon minéral rédoxique, avec alternances de fer réduit et de fer oxydé ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse, structure plastique et massive. Transition graduelle, limite droite.
45 – 50	**g – Cca**	GLEY1 8/10Y + GLEY1 6/10Y + GLEY1 7/5GY + 10YR 7/8	2/4	7	Horizon minéral de transition avec mélange d'horizon rédoxique et de cailloux et graviers calcaires ; légèrement humide. Texture argilo-limoneuse, structure massive. Transition et limite non observées.

Annexes B

ANNEXES
APPROCHE SYNCHRONIQUE

Numéro	Nom	Abreviation
1700	*Achillea millefolium*	ACMIL
8500	*Agrostis canina*	AGCAN
8600	*Agrostis capillaris*	AGCAP
9300	*Agrostis stolonifera*	AGSTO
10400	*Ajuga reptans*	AJREP
24200	*Allium schoenoprasum*	ALSCH
26000	*Alopecurus pratensis*	ALPRA
31000	*Andromeda polifolia*	ANPOL
33400	*Anemone narcissiflora*	ANNAR
34100	*Angelica sylvestris*	ANSYL
35400	*Anthoxanthum odoratum*	ANODO
35900	*Anthriscus sylvestris*	CHSIL
36900	*Anthyllis vulneraria* subsp. *alpestris*	ANTAL
44300	*Arenaria serpyllifolia*	ARSER
55200	*Astrantia major*	ASMAJ
55700	*Athyrium filix-femina*	ATFIL
56500	*Atropa bella-donna*	ATBEL
58700	*Bartsia alpina*	BAALP
60500	*Betula pubescens*	BEPUB
62800	*Blysmus compressus*	BLCOM
65200	*Briza media*	BRMED
65700	*Bromus erectus* s.str.	BRERE
67200	*Bromus sterilis*	BRSTE
70700	*Calamagrostis canescens*	CALAN
71400	*Calamagrostis varia*	CAVAR
73600	*Calluna vulgaris*	CALVU
73700	*Caltha palustris*	CALTP
77000	*Campanula rhomboidalis*	CARHO
77100	*Campanula rotundifolia*	CAROT
79800	*Cardamine pratensis*	CAPRA
80600	*Cardamine udicola*	CAUDI
82900	*Carex acuta*	CAGRA
83000	*Carex acutiformis*	CAACU
84900	*Carex caryophyllea*	CAVER
85700	*Carex davalliana*	CADAV
86000	*Carex diandra*	CADIA
86700	*Carex echinata*	CARST
86800	*Carex elata*	CAELA
87500	*Carex flacca*	CAFLA

Numéro	Nom	Abreviation
87600	*Carex flava*	CARFL
88600	*Carex hirta*	CARHI
88700	*Carex hostiana*	CAHOS
89200	*Carex lasiocarpa*	CALAS
89400	*Carex lepidocarpa*	CALEP
89500	*Carex leporina*	CARLE
90300	*Carex montana*	CAMON
90700	*Carex nigra*	CANIG
91600	*Carex pallescens*	CARPA
91700	*Carex panicea*	CAPAN
91800	*Carex paniculata*	CAPAT
93700	*Carex rostrata*	CAROS
93900	*Carex sempervirens*	CASEM
94700	*Carex sylvatica*	CASIL
94800	*Carex tomentosa*	CATOM
95000	*Carex umbrosa*	CAUMB
97100	*Carum carvi*	CACAR
98800	*Centaurea jacea* s.str.	CEJAC
99200	*Centaurea montana*	CEMON
103800	*Cerastium fontanum* subsp. *vulgare*	CECAE
113700	*Cirsium acaule*	CIACA
114100	*Cirsium eriophorum* s.str.	CIERE
114800	*Cirsium oleraceum*	CIOLE
114900	*Cirsium palustre*	CIPAL
115100	*Cirsium rivulare*	CISAL
115400	*Cirsium tuberosum*	CITUB
116600	*Clinopodium vulgare*	SAVUL
117700	*Colchicum autumnale*	COAUT
124000	*Crepis mollis*	CRMOL
124300	*Crepis paludosa*	CRPAL
126300	*Cruciata laevipes*	CRLAE
129400	*Cynosurus cristatus*	CYCRI
131800	*Dactylis glomerata*	DAGLO
132300	*Dactylorhiza incarnata*	ORINC
133500	*Daphne laureola*	DALAU
134800	*Deschampsia cespitosa*	DECAE
136800	*Dianthus superbus*	DISUP
142100	*Drosera intermedia*	DRINT
142300	*Drosera rotundifolia*	DRROT

Numéro	Nom	Abreviation
148300	*Epilobium hirsutum*	EPHIR
148800	*Epilobium obscurum*	EPOBS
148900	*Epilobium palustre*	EPPAL
149000	*Epilobium parviflorum*	EPPAR
149100	*Epilobium roseum*	EPROS
149600	*Epipactis atrorubens*	EPATR
150300	*Epipactis palustris*	EPIPA
150700	*Equisetum fluviatile*	EQLIM
151100	*Equisetum palustre*	EQPAL
151400	*Equisetum sylvaticum*	EQSIL
151600	*Equisetum variegatum*	EQVAR
155200	*Eriophorum angustifolium*	ERANG
155400	*Eriophorum latifolium*	ERLAT
155600	*Eriophorum vaginatum*	ERVAG
157400	*Erysimum cheiranthoides*	ERYCH
161800	*Euphorbia verrucosa*	EUVER
163600	*Euphrasia rostkoviana*	EUROS
168500	*Festuca ovina* aggr.	FEOVI
169200	*Festuca pratensis* s.str.	FESPR
170100	*Festuca rubra* aggr.	FESRU
173100	*Filipendula ulmaria*	FIULM
174000	*Frangula alnus*	FRALN
177100	*Galeopsis tetrahit*	GATET
177600	*Galium aparine*	GAAPA
178000	*Galium boreale*	GABOR
178200	*Galium elongatum*	GAELO
178900	*Galium mollugo* s.str.	GAMOL
179400	*Galium palustre*	GAPAL
179700	*Galium pumilum*	GAPUM
180700	*Galium uliginosum*	GAULI
181000	*Galium verum* s.str.	GAVER
182100	*Genista tinctoria*	GETIN
183200	*Gentiana campestris* s.str.	GENCA
184100	*Gentiana lutea*	GELUT
185400	*Gentiana verna*	GEVER
189300	*Geranium sylvaticum*	GESIL
189600	*Geum rivale*	GERIV
189700	*Geum urbanum*	GEURB
191700	*Glyceria notata*	GLPLI

Numéro	Nom	Abreviation
193200	*Gymnadenia conopsea*	GYCON
196700	*Helictotrichon pratense*	HEPRA
196800	*Helictotrichon pubescens*	HEPUB
198600	*Heracleum sphondylium* s.str.	HESPH
206100	*Hierochloe odorata*	HIODO
206300	*Hippocrepis comosa*	HICOM
206800	*Holcus lanatus*	HOLAN
210700	*Hypericum maculatum* s.str.	HYMAC
212000	*Hypochaeris maculata*	HYPMA
215600	*Iris sibirica*	IRSIB
217700	*Juncus alpinoarticulatus*	JUALP
218100	*Juncus articulatus*	JUART
218600	*Juncus compressus*	JUNCP
218800	*Juncus effusus*	JUEFF
218900	*Juncus filiformis*	JUFIL
219100	*Juncus inflexus*	JUINF
221400	*Knautia arvensis*	KNARV
223900	*Koeleria pyramidata*	KOPYR
230400	*Lathyrus pratensis*	LAPRA
233100	*Leontodon hispidus* s.str.	LEOHI
236200	*Leucanthemum adustum*	CHADU
236900	*Leucanthemum vulgare* aggr.	CHPRA
241100	*Linum catharticum*	LICAT
242000	*Listera ovata*	LIOVA
242700	*Lolium multiflorum*	LOMUL
242800	*Lolium perenne*	LOPER
244400	*Lotus corniculatus*	LOCOR
246100	*Luzula campestris*	LUCAM
247100	*Luzula multiflora*	LUMUL
255300	*Medicago lupulina*	MELUP
256600	*Melampyrum sylvaticum*	MESIL
258500	*Mentha spicata*	MESPI
258800	*Menyanthes trifoliata*	METRI
263400	*Molinia caerulea*	MOCOE
266800	*Myosotis scorpioides*	MYPAL
267100	*Myosotis sylvatica*	MYOSY
269700	*Nardus stricta*	NASTR
282600	*Origanum vulgare*	ORVUL
292700	*Parnassia palustris*	PAPAL

Numéro	Nom	Abreviation
294600	*Pedicularis palustris*	PEDPA
297900	*Phalaris arundinacea*	TYARU
300000	*Phleum pratense* s.str.	PHPRA
300300	*Phragmites australis*	PHCOM
301800	*Phyteuma orbiculare*	PHORB
302400	*Phyteuma spicatum*	PHSPI
302800	*Picea abies*	PIEXC
303800	*Pimpinella major*	PIMAJ
304800	*Pinguicula vulgaris*	PIVUL
305800	*Pinus mugo* subsp. *uncinata*	PIMON
307800	*Plantago lanceolata*	PLLAN
307900	*Plantago major* s.str.	PLMAJ
308100	*Plantago media*	PLMED
308500	*Platanthera chlorantha*	PLCHL
310600	*Poa palustris*	POPAL
310800	*Poa pratensis*	POPRA
311300	*Poa trivialis* s.str.	POTRI
311900	*Polemonium caeruleum*	POCOE
312500	*Polygala amarella*	POAMA
314400	*Polygonum bistorta*	POBIS
322400	*Potentilla erecta*	POERE
323800	*Potentilla palustris*	COPAL
326000	*Primula elatior* s.str.	PRELA
326200	*Primula farinosa*	PRFAR
328100	*Prunella vulgaris*	PRVUL
336500	*Ranunculus aconitifolius*	RAACO
336700	*Ranunculus acris* subsp. *friesianus*	RAFRI
339605	*Ranunculus nemorosus* aggr.	RANEM
340500	*Ranunculus polyanthemophyllus*	RANPO
340900	*Ranunculus repens*	RAREP
344100	*Rhinanthus alectorolophus*	RHALE
344800	*Rhinanthus minor*	RHMIN
345800	*Rhynchospora alba*	RHALB
354400	*Rubus idaeus*	RUIDA
358900	*Rumex acetosa*	RUACE
359900	*Rumex crispus*	RUCRI
363700	*Salix caprea*	SACAP
363800	*Salix cinerea*	SACIN
365000	*Salix myrsinifolia*	SALNI

Numéro	Nom	Abreviation
365500	*Salix pentandra*	SAPEN
366000	*Salix repens*	SAREP
366400	*Salix triandra*	SATRI
369000	*Sanguisorba officinalis*	SAOFF
377100	*Scabiosa lucida*	SCLUC
379000	*Schoenus ferrugineus*	SCFER
379700	*Scirpus sylvaticus*	SCSIL
382600	*Scutellaria galericulata*	SCGAL
391000	*Serratula tinctoria* s.str.	SETIN
392200	*Sesleria caerulea*	SECOE
394200	*Silaum silaus*	SISEL
394900	*Silene dioica*	SIDIO
395200	*Silene flos-cuculi*	SILFC
397300	*Silene vulgaris* s.str.	SIVUL
401400	*Solidago virgaurea* s.str.	SOVIR
406100	*Stachys officinalis* s.str.	BEOFF
407500	*Stellaria graminea*	STGRA
410100	*Succisa pratensis*	SUPRA
410300	*Swertia perennis*	SWPER
413100	*Taraxacum officinale* aggr.	TAOFF
415500	*Thalictrum aquilegiifolium*	THAQU
417700	*Thesium pyrenaicum*	THPYR
421000	*Thymus pulegioides* s.str.	THPUL
421600	*Tofieldia calyculata*	TOCAL
423800	*Trichophorum alpinum*	TCHAL
423900	*Trichophorum cespitosum*	TRCAE
426000	*Trifolium medium*	TRMED
426300	*Trifolium montanum*	TRMON
426900	*Trifolium pratense* s.str.	TRPRA
427200	*Trifolium repens* s.str.	TRIRE
429400	*Trisetum flavescens*	TRFLA
430600	*Trollius europaeus*	TREUR
433400	*Urtica dioica*	URDIO
434800	*Vaccinium myrtillus*	VAMYR
434900	*Vaccinium oxycoccos*	OXQUA
435000	*Vaccinium uliginosum*	VACUL
435300	*Vaccinium vitis-idaea*	VAVIT
435600	*Valeriana dioica*	VADIO
435800	*Valeriana officinalis*	VALOF

Numéro	Nom	Abreviation
437900	*Veratrum album* s.l.	VERAL
441000	*Veronica beccabunga*	VEBEC
441400	*Veronica chamaedrys*	VECHA
442400	*Veronica officinalis*	VEOFF
443300	*Veronica scutellata*	VESCU
445000	*Vicia cracca* s.str.	VICRA
450300	*Viola hirta*	VIHIR
451100	*Viola palustris*	VIPAL
3600	*Aconitum napellus* aggr.	ACCOM
3800	*Aconitum neomontanum*	ACPYR
7700	*Agropyron caninum*	AGRCA
8100	*Agropyron repens*	AGREP
14000	*Alchemilla fissa* aggr.	ALFIS
15000	*Alchemilla glabra* aggr.	ALGLA
21100	*Alchemilla vulgaris* aggr.	ALXAN
106700	*Chaerophyllum hirsutum*	CHCIC
107100	*Chaerophyllum villarsii*	CHVIL
132200	*Dactylorhiza fistulosa*	ORLAT
166100	*Festuca arundinacea* s.l.	FEARU
327200	*Primula veris* s.str.	PRVER
425600	*Trifolium hybridum* s.str.	TRHYB
202700	*Hieracium murorum* aggr.	HIMUR

TABLEAU HOMOTONE - GROUPE 1		Dans les 117 relevés						1090	1095	1109	1376	1496	1497	1601	5789	58.89b	809	1110	1115	1117	1118	1377	A l'intérieur du groupe 1	
		max.gr	ind.gr	pval	fréquence brute	constance	fréquence absolue	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	fréquence	constance
Carex flacca	CAFLA	1	0.456	0.001	45	38	II	1	1	1	1	2a	2a	2a	1	1	1	2a	2a	2a	1	2b	15	100.000
Molinia caerulea	MOCOE	6	0.291	0.001	56	48	III	2a	2a	2a	1	2b	2a	2a	2a	2b	2a	2b	3	4	2b	3	15	100.000
Succisa pratensis	SUPRA	1	0.228	0.008	65	56	III	1	2a	2a	2b	1	+	2a	1	2a	2a	2a	2a	1	2a	1	15	100.000
Sanguisorba officinalis	SAOFF	1	0.257	0.001	68	58	III	1	2a	+	+	1	1	1	+	1	+	2a	3	1	1	1	15	100.000
Trollius europaeus	TREUR	1	0.316	0.001	38	32	II		2a	+	1	2b	2a	1	+	+	+	1	2a	3	1	2a	14	93.333
Vicia cracca s.str.	VICRA	1	0.141	0.272	67	57	III	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+		+	r	14	93.333
Potentilla erecta	POERE	6	0.192	0.021	69	59	III	+	1	+	+	+		1	1	+	1	1	2a	1	1	1	14	93.333
Serratula tinctoria s.str.	SETIN	1	0.867	0.001	13	11	I	1	1	r	1			2b	+	2b	r	2b	3	3	2b	2b	13	86.667
Lotus corniculatus	LOCOR	1	0.437	0.001	21	18	I	+	+	1	+	+	1		+	+	r		+		+	r	12	80.000
Carex panicea	CAPAN	1	0.304	0.006	38	32	II		2a	+	1	+	2a		1	1	1	1	1	1		1	12	80.000
Carex montana	CAMON	1	0.629	0.001	13	11	I	+	1	+	+	+		1			+	2a		1	2a	1	11	73.333
Dactylorhiza fistulosa	ORLAT	1	0.412	0.001	29	25	II	r	+	+	1		+	+	1	+	+	r				r	11	73.333
Trifolium montanum	TRMON	1	0.628	0.001	11	9	+	+	+	+				+	1	+	+		+		r	r	10	66.667
Cirsium rivulare	CISAL	7	0.300	0.001	56	48	III			+		1	1	+	+		1	+	1	2a		+	10	66.667
Colchicum autumnale	COAUT	1	0.179	0.094	16	14	I	r	r		r	+	r					r	+		r	r	9	60.000
Briza media	BRMED	2	0.211	0.026	38	32	II	+			+	+	1	+		+			+	+	+		9	60.000
Valeriana dioica	VADIO	1	0.123	0.275	40	34	II	+	+	+	+	1	2a		+		+	+					9	60.000
Festuca rubra	FESRU	10	0.274	0.002	56	48	III	1	+		1	+	+			1			1	+		1	9	60.000
Carex hostiana	CAHOS	1	0.340	0.002	18	15	I	2a	1	2a	+	+	+		2b		2b						8	53.333
Trifolium pratense s.str.	TRPRA	5	0.454	0.001	26	22	II	+		+	1		1		1	+	+		+				8	53.333
Galium boreale	GABOR	2	0.302	0.006	27	23	II		+	r	+					+	+		1	1	2a		8	53.333
Ranunculus acris subsp. friesianus	RAFRI	5	0.361	0.001	27	23	II	+	+	+	+	+	2a		+	+							8	53.333
Lathyrus pratensis	LAPRA	5	0.124	0.307	50	43	III	+	+	+	+		+	+		+			+				8	53.333
Carex sempervirens	CASEM	1	0.364	0.002	9	8	+		+					2a		+		+	+		+	2a	7	46.667
Ajuga reptans	AJREP	1	0.089	0.382	11	9	+	r		r	r		r		r	r	r						7	46.667
Gentiana lutea	GELUT	1	0.360	0.003	11	9	+		r					r				1	2a	+	1	1	7	46.667
Carex davalliana	CADAV	2	0.196	0.041	24	21	II			1		1	+	+	1		1					+	7	46.667
Gymnadenia conopsea	GYCON	1	0.277	0.005	9	8	+	r	+		+	+				r						+	6	40.000
Astrantia major	ASMAJ	1	0.181	0.048	13	11	I		+			+		2a				+	+		2a		6	40.000
Anthoxanthum odoratum	ANODO	10	0.240	0.009	39	33	II		+		1	+	1			1			+				6	40.000
Leucanthemum adustum	CHADU	1	0.333	0.003	5	4	r	+			+		+			r						+	5	33.333
Phyteuma orbiculare	PHORB	1	0.333	0.003	5	4	r	+	+	r	+							r					5	33.333
Carum carvi	CACAR	1	0.294	0.006	6	5	r	+	r		+		1			1							5	33.333
Centaurea jacea s.str.	CEJAC	1	0.145	0.088	13	11	I	+			+			+		+						+	5	33.333
Polygala amarella	POAMA	1	0.133	0.111	13	11	I	+	+	+	+				+								5	33.333
Primula farinosa	PRFAR	4	0.137	0.111	19	16	I			+				+	+		+		+				5	33.333
Luzula multiflora	LUMUL	10	0.322	0.001	21	18	I		r		+	+				+			+				5	33.333
Valeriana officinalis	VALOF	3	0.100	0.473	29	25	II		r	r	+				+	+							5	33.333
Hippocrepis comosa	HICOM	1	0.267	0.009	4	3	r	1		+				+			+						4	26.667
Anthyllis vulneraria subsp. alpestris	ANTAL	1	0.187	0.03	5	4	r	+	+	+						+							4	26.667
Pimpinella major	PIMAJ	1	0.154	0.068	5	4	r							+		+		r				r	4	26.667
Linum catharticum	LICAT	1	0.171	0.044	6	5	r		+				+		r	+							4	26.667
Bartsia alpina	BAALP	1	0.174	0.051	7	6	r					1		+	1		1						4	26.667
Thesium pyrenaicum	THPYR	1	0.142	0.08	8	7	+							+					1		+	+	4	26.667
Rhinanthus minor	RHMIN	1	0.122	0.121	9	8	+	+			+		+				r						4	26.667
Cynosurus cristatus	CYCRI	5	0.622	0.001	15	13	I		+		+		+			+							4	26.667
Swertia perennis	SWPER	2	0.171	0.052	18	15	I					1		r	+		r						4	26.667
Veratrum album s.str.	VERAL	7	0.536	0.001	26	22	II				+		r		r		r						4	26.667
Platanthera chlorantha	PLCHL	1	0.200	0.012	3	3	r				r					r		r					3	20.000
Trifolium medium	TRMED	1	0.200	0.019	3	3	r		1	1	+												3	20.000
Dactylorhiza incarnata	ORINC	1	0.143	0.064	4	3	r			+	+						+						3	20.000
Leucanthemum vulgare aggr.	CHPRA	1	0.057	0.585	7	6	r							+					+		r		3	20.000
Plantago lanceolata	PLLAN	1	0.106	0.154	7	6	r	+					+			+							3	20.000
Bromus erectus s.str.	BRERE	2	0.165	0.073	9	8	+							+		+					+		3	20.000
Helictotrichon pubescens	HEPUB	10	0.168	0.046	9	8	+						1			+			1				3	20.000
Silene flos-cuculi	SILFC	5	0.128	0.133	20	17	I				r		+			+							3	20.000
Angelica sylvestris	ANSYL	2	0.122	0.215	28	24	II												1	+	+		3	20.000
Anemone narcissiflora	ANNAR	1	0.133	0.147	2	2	r					2b						+					2	13.333
Gentiana campestris s.str.	GENCA	1	0.133	0.148	2	2	r							+							+		2	13.333
Campanula rhomboidalis	CARHO	1	0.070	0.448	3	3	r														+	r	2	13.333
Hieracium murorum aggr.	HIMUR	2	0.040	0.942	3	3	r							r							r		2	13.333
Medicago lupulina	MELUP	1	0.126	0.188	3	3	r	r					1										2	13.333
Primula veris s.str.	PRVER	1	0.123	0.164	3	3	r		+				+										2	13.333
Cirsium acaule	CIACA	1	0.113	0.224	4	3	r														+	r	2	13.333
Helictotrichon pratense	HEPRA	10	0.142	0.108	4	3	r	+			+												2	13.333
Holcus lanatus	HOLAN	1	0.058	0.599	5	4	r						+								+		2	13.333
Carex pallescens	CARPA	5	0.072	0.404	6	5	r		+							+							2	13.333
Geranium sylvaticum	GESIL	7	0.466	0.001	8	7	+														r	2a	2	13.333
Alchemilla vulgaris aggr.	ALXAN	5	0.328	0.001	11	9	+		+							+							2	13.333
Dactylis glomerata	DAGLO	5	0.275	0.005	15	13	I	+								+							2	13.333
Carex flava	CARFL	2	0.122	0.214	17	15	I				+		+										2	13.333
Parnassia palustris	PAPAL	4	0.269	0.009	19	16	I							+								r	2	13.333
Festuca ovina	FEOVI	10	0.265	0.009	21	18	I							+							1		2	13.333
Galium uliginosum	GAULI	10	0.270	0.004	40	34	II					+		+									2	13.333
Carex nigra	CANIG	10	0.326	0.002	43	37	II		+				2a										2	13.333
Alchemilla fissa aggr.	ALFIS	1	0.067	0.724	1	1	r						+										1	6.667
Arenaria serpyllifolia	ARSER	1	0.067	0.72	1	1	r							+									1	6.667
Cirsium tuberosum	CITUB	1	0.067	0.706	1	1	r							1									1	6.667
Juncus filiformis	JUFIL	1	0.067	0.707	1	1	r						+										1	6.667
Thymus pulegioides s.str.	THPUL	1	0.067	0.712	1	1	r	+															1	6.667
Achillea millefolium	ACMIL	5	0.035	0.939	2	2	r		r														1	6.667
Cardamine udicola	CAUDI	1	0.050	0.836	2	2	r						+										1	6.667
Hypochaeris maculata	HYPMA	1	0.037	0.833	2	2	r															+	1	6.667
Knautia arvensis	KNARV	3	0.061	0.57	2	2	r														r		1	6.667
Centaurea montana	CEMON	8	0.042	0.824	3	3	r													2a			1	6.667
Galium pumilum	GAPUM	2	0.081	0.349	3	3	r									+							1	6.667
Listera ovata	LIOVA	1	0.055	0.615	3	3	r							+									1	6.667
Pinus mugo subsp. uncinata	PIMON	6	0.305	0.005	3	3	r							+									1	6.667
Ranunculus nemorosus aggr.	RANEM	2	0.084	0.321	3	3	r										+						1	6.667
Campanula rotundifolia	CAROT	2	0.160	0.059	4	3	r							r									1	6.667
Euphorbia verrucosa	EUVER	2	0.180	0.035	5	4	r	+															1	6.667
Euphrasia rostkoviana	EUROS	2	0.063	0.522	5	4	r														+		1	6.667
Stachys officinalis s.str.	BEOFF	2	0.121	0.142	5	4	r							1									1	6.667
Genista tinctoria	GETIN	4	0.134	0.095	6	5	r							1									1	6.667
Cerastium fontanum subsp. vulgare	CECAE	5	0.259	0.018	7	6	r				+												1	6.667
Prunella vulgaris	PRVUL	5	0.090	0.227	7	6	r						+										1	6.667
Crepis mollis	CRMOL	10	0.154	0.077	8	7	+												+				1	6.667
Cardamine pratensis	CAPRA	5	0.191	0.052	9	8	+									+							1	6.667
Picea abies	PIEXC	4	0.073	0.482	9	8	+												r				1	6.667
Galium palustre	GAPAL	10	0.090	0.314	12	10	+										+						1	6.667
Myosotis scorpioides	MYPAL	5	0.366	0.001	12	10	+				r												1	6.667
Leontodon hispidus s.str.	LEOHI	7	0.451	0.001	15	13	I					+											1	6.667
Festuca pratensis s.str.	FESPR	5	0.548	0.001	17	15	I		+														1	6.667
Cirsium palustre	CIPAL	5	0.103	0.295	20	17	I				+												1	6.667
Caltha palustris	CALTP	3	0.253	0.006	45	38	II						r										1	6.667
Polygonum bistorta	POBIS	10	0.365	0.001	52	44	III					+											1	6.667
Filipendula ulmaria	FIULM	3	0.304	0.001	65	56	III						1										1	6.667

TABLEAU HOMOTONE - GROUPE 2		Dans les 117 relevés						492	1392	1393	1394	1395	1398	1665	1668	810	1106	1566	1647	12.88a	1716	1498	807	1669	1715	A l'intérieur du groupe 2	
		max.gr	ind.gr	pval	fréquence brute	constance	fréquence absolue	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	fréquence	constance
Molinia caerulea	MOCOE	6	0.291	0.001	56	48	III	1	2a	2b	2b	2b	2b	3	1	2b	2a	1	3	3	4	3	3		4	17	94.444
Succisa pratensis	SUPRA	1	0.228	0.008	65	56	III	1	+	+		2a	2b	2a	3	2a	2a	2a	2a	2a	+	+	2a	3	2a	17	94.444
Potentilla erecta	POERE	6	0.192	0.021	69	59	III	1	+	+	1	+	1	1		2a	1	1	2a	1	+		1	1	2a	16	88.889
Sanguisorba officinalis	SAOFF	1	0.257	0.001	68	58	III	1	+		+	+	1	1	+	2a	1	+	+		+	+	2a	+		15	83.333
Carex flacca	CAFLA	1	0.456	0.001	45	38	II	+	1		+	2a	1	2a	2a	2a		1	+	2a	+		+	1		14	77.778
Briza media	BRMED	2	0.211	0.026	38	32	II	+		+		+	+	2a	2a	+	1	2a	1	+	+			2a		13	72.222
Carex panicea	CAPAN	1	0.304	0.006	38	32	II	1		+	+	+			1	+	1	1		2b	+	1	2a	1		13	72.222
Vicia cracca s.str.	VICRA	1	0.141	0.272	67	57	III	+	1	+	1	1	1		1	r	r	+	+		+			+		13	72.222
Festuca rubra	FESRU	10	0.274	0.002	56	48	III	2a	+	1		1	+		1		1	2a	1	1				1	1	12	66.667
Galium boreale	GABOR	2	0.302	0.006	27	23	II		1	2b	2a	+	+	1	2a	2a					+		1	+		11	61.111
Filipendula ulmaria	FIULM	3	0.304	0.001	65	56	III	+	3			+		+			+	+	1	+	+	+	+			11	61.111
Salix repens	SAREP	4	0.391	0.002	19	16	I		+		1	+	1	1	1		r							1	2a	9	50.000
Carex davalliana	CADAV	2	0.196	0.041	24	21	II	3								+	3	3	3	2b	1	+	2b			9	50.000
Galium uliginosum	GAULI	10	0.270	0.004	40	34	II	+	+		+	1		+			+	+	+	+					+	9	50.000
Valeriana dioica	VADIO	1	0.123	0.275	40	34	II	1				+		2a	+		+	1	+			+			+	9	50.000
Deschampsia cespitosa	DECAE	10	0.320	0.001	41	35	II	+	2a	3	2a	2b	+	1		+				+					+	9	50.000
Swertia perennis	SWPER	2	0.171	0.052	18	15	I	1						1			r	+	2a	2a	2a	+				8	44.444
Angelica sylvestris	ANSYL	2	0.122	0.215	28	24	II	1				+				+	+	+	1		1	+			+	8	44.444
Trollius europaeus	TREUR	1	0.316	0.001	38	32	II	r								1			1		+	1	+	+	r	8	44.444
Carex hostiana	CAHOS	1	0.340	0.002	18	15	I							1	1	+	1	2a					1	+		7	38.889
Primula farinosa	PRFAR	4	0.137	0.111	19	16	I					+			+		1	+	+		+			+		7	38.889
Anthoxanthum odoratum	ANODO	10	0.240	0.009	39	33	II	+					+		+			1	+	+		+			1	7	38.889
Carex nigra	CANIG	10	0.326	0.002	43	37	II	2a										2a	1	2a	+	+			1	7	38.889
Scabiosa lucida	SCLUC	2	0.179	0.044	8	7	+		r	+	+		1	+							+					6	33.333
Parnassia palustris	PAPAL	4	0.269	0.009	19	16	I	+							+		1	+		+		1		1		6	33.333
Festuca ovina	FEOVI	10	0.265	0.009	21	18	I		1					1							1		2a	1	1	6	33.333
Cirsium rivulare	CISAL	7	0.300	0.001	56	48	III	+			+						+		1				+		+	6	33.333
Silaum silaus	SISEL	2	0.155	0.061	7	6	r		r	+		+				+								+		5	27.778
Bromus erectus s.str.	BRERE	2	0.165	0.073	9	8	+		+				1	1	+	2a										5	27.778
Carex flava	CARFL	2	0.122	0.214	17	15	I	3										2b	+		2a	+				5	27.778
Crepis paludosa	CRPAL	7	0.445	0.001	17	15	I	1										1	2a			+		+		5	27.778
Equisetum palustre	EQPAL	8	0.117	0.188	20	17	I												+	+	r	1			+	5	27.778
Lotus corniculatus	LOCOR	1	0.437	0.001	21	18	I						1	1	1				+					+		5	27.778
Trifolium pratense s.str.	TRPRA	5	0.454	0.001	26	22	II	r					+		+		r							+		5	27.778
Veratrum album s.str.	VERAL	7	0.536	0.001	26	22	II	r								+		+	+				r		+	5	27.778
Dactylorhiza fistulosa	ORLAT	1	0.412	0.001	29	25	II	r										+	1			r		r		5	27.778
Caltha palustris	CALTP	3	0.253	0.006	45	38	II	1										+	1		1	2a				5	27.778
Lathyrus pratensis	LAPRA	5	0.124	0.307	50	43	III		+						+			+	+			+				5	27.778
Euphorbia verrucosa	EUVER	2	0.180	0.035	5	4	r		+		+	+		2a												4	22.222
Sesleria caerulea	SECOE	2	0.121	0.11	5	4	r			+	2a		1											1		4	22.222
Stachys officinalis s.str.	BEOFF	2	0.121	0.142	5	4	r		+		+	+				r										4	22.222
Centaurea jacea s.str.	CEJAC	1	0.145	0.088	13	11	I								+	1	+									4	22.222
Polygala amarella	POAMA	1	0.133	0.111	13	11	I						+		+				+					r		4	22.222
Cirsium palustre	CIPAL	5	0.103	0.295	20	17	I			1		2a										1			2a	4	22.222
Geum rivale	GERIV	7	0.280	0.005	31	26	II	+	+		+								+							4	22.222
Polygonum bistorta	POBIS	10	0.365	0.001	52	44	III	1											1						1	4	22.222
Carex caryophyllea	CAVER	2	0.167	0.032	3	3	r		1		1		+													3	16.667
Koeleria pyramidata	KOPYR	2	0.167	0.037	3	3	r							1	1									2a		3	16.667
Campanula rotundifolia	CAROT	2	0.160	0.059	4	3	r						+	+		1										3	16.667
Pedicularis palustris	PEDPA	2	0.088	0.327	4	3	r	r									+	1								3	16.667
Euphrasia rostkoviana	EUROS	2	0.063	0.522	5	4	r								+	+	r									3	16.667
Carex umbrosa	CAUMB	2	0.076	0.359	6	5	r		1		1			+												3	16.667
Dianthus superbus	DISUP	2	0.066	0.426	6	5	r				+							1	1							3	16.667
Genista tinctoria	GETIN	4	0.134	0.095	6	5	r		+						+									+		3	16.667
Leucanthemum vulgare aggr.	CHPRA	1	0.057	0.585	7	6	r						+			+									+	3	16.667
Crepis mollis	CRMOL	10	0.154	0.077	8	7	+														+	+			1	3	16.667
Thesium pyrenaicum	THPYR	1	0.142	0.08	8	7	+							1		+								+		3	16.667
Picea abies	PIEXC	4	0.073	0.482	9	8	+							r							r				r	3	16.667
Rhinanthus minor	RHMIN	1	0.122	0.121	9	8	+								+		r	+								3	16.667
Phragmites australis	PHCOM	4	0.400	0.001	10	9	+			1		+		+												3	16.667
Astrantia major	ASMAJ	1	0.181	0.048	13	11	I									2b						+		+		3	16.667
Colchicum autumnale	COAUT	1	0.179	0.094	16	14	I		1			1				+										3	16.667
Betula pubescens	BEPUB	4	0.249	0.012	17	15	I				+	+							+							3	16.667
Luzula multiflora	LUMUL	10	0.322	0.001	21	18	I												+			+			+	3	16.667
Carex rostrata	CAROS	8	0.775	0.001	24	21	II										+	2a				r				3	16.667
Agrostis stolonifera	AGSTO	5	0.371	0.001	26	22	II									1		2a	+							3	16.667
Ranunculus acris subsp. friesianus	RAFRI	5	0.361	0.001	27	23	II	+										+	+							3	16.667
Valeriana officinalis	VALOF	3	0.100	0.473	29	25	II							+	+											3	16.667
Equisetum fluviatile	EQLIM	2	0.111	0.214	2	2	r												+					+		2	11.111
Galium pumilum	GAPUM	2	0.081	0.349	3	3	r			1													+			2	11.111
Listera ovata	LIOVA	1	0.055	0.615	3	3	r								r	r										2	11.111
Menyanthes trifoliata	METRI	2	0.069	0.508	3	3	r											2a	r							2	11.111
Ranunculus nemorosus aggr.	RANEM	2	0.084	0.321	3	3	r								1									1		2	11.111
Tofieldia calyculata	TOCAL	4	0.075	0.397	3	3	r								r									1		2	11.111
Cirsium acaule	CIACA	1	0.113	0.224	4	3	r							r		r										2	11.111
Holcus lanatus	HOLAN	1	0.058	0.599	5	4	r									+								+		2	11.111
Eriophorum latifolium	ERLAT	8	0.051	0.675	6	5	r											2b	+							2	11.111
Juncus articulatus	JUART	5	0.207	0.022	7	6	r										1	2a								2	11.111
Plantago lanceolata	PLLAN	1	0.106	0.154	7	6	r								+										r	2	11.111
Prunella vulgaris	PRVUL	5	0.090	0.227	7	6	r								+									+		2	11.111
Potentilla palustris	COPAL	8	0.102	0.229	8	7	+															1			+	2	11.111
Carex sempervirens	CASEM	1	0.364	0.002	9	8	+									1					1					2	11.111
Gymnadenia conopsea	GYCON	1	0.277	0.005	9	8	+	r									r									2	11.111
Ajuga reptans	AJREP	1	0.089	0.382	11	9	+			+															1	2	11.111
Gentiana lutea	GELUT	1	0.360	0.003	11	9	+									1				+						2	11.111
Carex montana	CAMON	1	0.629	0.001	13	11	I							2a									+			2	11.111
Trifolium repens s.str.	TRIRE	5	0.731	0.001	13	11	I						+		+											2	11.111
Eriophorum angustifolium	ERANG	8	0.390	0.001	14	12	I	1								+										2	11.111
Veronica chamaedrys	VECHA	5	0.309	0.006	14	12	I						+												r	2	11.111
Viola palustris	VIPAL	10	0.575	0.001	14	12	I												+						r	2	11.111
Dactylis glomerata	DAGLO	5	0.275	0.005	15	13	I						1		1											2	11.111
Silene flos-cuculi	SILFC	5	0.128	0.133	20	17	I											+	+							2	11.111
Galium mollugo	GAMOL	9	0.202	0.026	21	18	I						+								+					2	11.111
Allium schoenoprasum	ALSCH	2	0.056	1	1	1	r															+				1	5.556
Epipactis atrorubens	EPATR	2	0.056	1	1	1	r						r													1	5.556
Epipactis palustris	EPIPA	2	0.056	1	1	1	r												1							1	5.556
Frangula alnus	FRALN	2	0.056	1	1	1	r					+														1	5.556
Galium verum s.str.	GAVER	2	0.056	1	1	1	r		1																	1	5.556
Geum urbanum	GEURB	2	0.056	1	1	1	r																		2a	1	5.556
Iris sibirica	IRSIB	2	0.056	1	1	1	r							+												1	5.556
Ranunculus auricomus aggr.	RAAUR	2	0.056	1	1	1	r															+				1	5.556
Ranunculus polyanthemophyllus	RANPO	2	0.056	1	1	1	r						+													1	5.556
Salix myrsinifolia	SALNI	2	0.056	1	1	1	r					+														1	5.556
Thalictrum aquilegiifolium	THAQU	2	0.056	1	1	1	r														r					1	5.556
Viola hirta	VIHIR	2	0.056	1	1	1	r						+													1	5.556
Hypochaeris maculata	HYPMA	1	0.037	0.833	2	2	r									+										1	5.556
Phyteuma spicatum	PHSPI	3	0.067	0.475	2	2	r						r													1	5.556
Silene vulgaris s.str.	SIVUL	2	0.037	0.983	2	2	r						2a													1	5.556
Solidago virgaurea s.str.	SOVIR	6	0.158	0.08	2	2	r																		+	1	5.556
Stellaria graminea	STGRA	10	0.058	0.528	2	2	r						r													1	5.556
Veronica officinalis	VEOFF	2	0.045	0.955	2	2	r																		+	1	5.556
Centaurea montana	CEMON	8	0.042	0.824	3	3	r														r					1	5.556
Clinopodium vulgare	SAVUL	5	0.037	0.781	3	3	r	r																		1	5.556
Hieracium murorum aggr.	HIMUR	2	0.040	0.942	3	3	r									+										1	5.556
Calamagrostis varia	CAVAR	4	0.156	0.052	4	3	r						+													1	5.556
Pinguicula vulgaris	PIVUL	8	0.082	0.303	4	3	r									+										1	5.556
Anthyllis vulneraria subsp. alpestris	ANTAL	1	0.187	0.03	5	4	r						1													1	5.556
Melampyrum sylvaticum	MESIL	6	0.426	0.001	5	4	r																		+	1	5.556
Pimpinella major	PIMAJ	1	0.154	0.068	5	4	r									1										1	5.556
Rhinanthus alectorolophus	RHALE	5	0.259	0.022	5	4	r																		+	1	5.556
Carex lasiocarpa	CALAS	4	0.156	0.072	6	5	r	1																		1	5.556
Chaerophyllum villarsii	CHVIL	3	0.133	0.098	6	5	r																		2b	1	5.556
Bartsia alpina	BAALP	1	0.174	0.051	7	6	r													+						1	5.556
Cerastium fontanum subsp. vulgare	CECAE	5	0.259	0.018	7	6	r							+												1	5.556
Veronica beccabunga	VEBEC	5	0.314	0.005	7	6	r											r								1	5.556
Geranium sylvaticum	GESIL	7	0.466	0.001	8	7	+									2a										1	5.556
Aconitum neomontanum	ACPYR	7	0.390	0.001	9	8	+														r					1	5.556
Agrostis canina	AGCAN	10	0.183	0.043	9	8	+																		+	1	5.556
Carex leporina	CARLE	5	0.142	0.094	9	8	+	+																		1	5.556
Helictotrichon pubescens	HEPUB	10	0.168	0.046	9	8	+								1											1	5.556
Schoenus ferrugineus	SCFER	4	0.972	0.001	9	8	+																	2a		1	5.556
Alchemilla vulgaris aggr.	ALXAN	5	0.328	0.001	11	9	+												+							1	5.556
Trifolium montanum	TRMON	1	0.628	0.001	11	9	+									+										1	5.556
Carex paniculata	CAPAT	3	0.492	0.001	12	10	+											1								1	5.556
Eriophorum vaginatum	ERVAG	6	0.872	0.001	12	10	+												r							1	5.556
Trichophorum cespitosum	TRCAE	8	0.306	0.005	13	11	I																		+	1	5.556
Cynosurus cristatus	CYCRI	5	0.622	0.001	15	13	I								+											1	5.556
Leontodon hispidus s.str.	LEOHI	7	0.451	0.001	15	13	I														r					1	5.556
Carex acutiformis	CAACU	9	0.824	0.001	17	15	I											1								1	5.556
Festuca pratensis s.str.	FESPR	5	0.548	0.001	17	15	I								2a											1	5.556
Rumex acetosa	RUACE	10	0.569	0.001	22	19	I												+							1	5.556

TABLEAU HOMOTONE - GROUPE 3		Dans les 117 relevés						1509	1568	567	571	572	587	1114	1727	570	1514	1645	1646	1723	1642	A l'intérieur du groupe 3	
		max.gr	ind.gr	pval	fréquence brute	constance	fréquence absolue	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	fréquence	constance
Filipendula ulmaria	FIULM	3	0.304	0.001	65	56	III	3	4	4	3	3	5	5	4	2b	3	3	3	5	2b	14	100.000
Polygonum bistorta	POBIS	10	0.365	0.001	52	44	III	+	1	1	2b	2a		2a	2a	2a	1	2b	4	2a	1	13	92.857
Caltha palustris	CALTP	3	0.253	0.006	45	38	II	2a	2a	2a	2a	2b			2b	2a	2a	2a		2a	1	11	78.571
Cirsium rivulare	CISAL	7	0.300	0.001	56	48	III	+	1		1			1	+	2b	1		2a	3	+	10	71.429
Vicia cracca s.str.	VICRA	1	0.141	0.272	67	57	III	1	+	+			1	+	r		+	+	1		+	10	71.429
Carex paniculata	CAPAT	3	0.492	0.001	12	10	+	2b		3	2a	1	2b				3			1	3	8	57.143
Deschampsia cespitosa	DECAE	10	0.320	0.001	41	35	II	2a	1				2a	+		1		1	2a		+	8	57.143
Sanguisorba officinalis	SAOFF	1	0.257	0.001	68	58	III		+	+	2b				+	2b		1	1	+		8	57.143
Galium mollugo	GAMOL	9	0.202	0.026	21	18	I	+	1		+		1	+		1	+					7	50.000
Lathyrus pratensis	LAPRA	5	0.124	0.307	50	43	III				1			+	r	1			+	+	r	7	50.000
Carex elata	CAELA	3	0.189	0.028	10	9	+		2b		3	3				2a		1			1	6	42.857
Valeriana dioica	VADIO	1	0.123	0.275	40	34	II		1						1	+	1		1	1		6	42.857
Juncus inflexus	JUINF	5	0.209	0.024	11	9	+	2a									2a		1	1	1	5	35.714
Ranunculus aconitifolius	RAACO	7	0.203	0.027	13	11	I	+			+	+						+	3			5	35.714
Veratrum album s.str.	VERAL	7	0.536	0.001	26	22	II				r				r	1			2a	r		5	35.714
Valeriana officinalis	VALOF	3	0.100	0.473	29	25	II	2a			2a	1	+								2a	5	35.714
Geum rivale	GERIV	7	0.280	0.005	31	26	II	1								2a	+	1	1			5	35.714
Galium uliginosum	GAULI	10	0.270	0.004	40	34	II				+							+	+	+	+	5	35.714
Cruciata laevipes	CRLAE	3	0.147	0.094	8	7	+									+	+		1		+	4	28.571
Aconitum neomontanum	ACPYR	7	0.390	0.001	9	8	+	1					1		1				1			4	28.571
Galeopsis tetrahit	GATET	5	0.166	0.09	13	11	I	1											+	+	1	4	28.571
Dactylis glomerata	DAGLO	5	0.275	0.005	15	13	I							1			1		+		+	4	28.571
Juncus effusus	JUEFF	5	0.141	0.096	15	13	I	1							+				2a		+	4	28.571
Poa trivialis s.str.	POTRI	5	0.175	0.037	16	14	I				+		1						+		+	4	28.571
Carex rostrata	CAROS	8	0.775	0.001	24	21	II			+	+	+						+				4	28.571
Trollius europaeus	TREUR	1	0.316	0.001	38	32	II								3	2b		4	4			4	28.571
Carex nigra	CANIG	10	0.326	0.002	43	37	II				+					+	1	1				4	28.571
Epilobium hirsutum	EPHIR	3	0.141	0.118	4	3	r	1											r		r	3	21.429
Chaerophyllum villarsii	CHVIL	3	0.133	0.098	6	5	r										2b		2b	1		3	21.429
Poa pratensis	POPRA	5	0.241	0.01	9	8	+			+							1				+	3	21.429
Carex hirta	CARHI	5	0.345	0.001	12	10	+	+									+				+	3	21.429
Galium palustre	GAPAL	10	0.090	0.314	12	10	+				+							+			+	3	21.429
Veronica chamaedrys	VECHA	5	0.309	0.006	14	12	I									+	+		1			3	21.429
Equisetum palustre	EQPAL	8	0.117	0.188	20	17	I							+						+	+	3	21.429
Rumex acetosa	RUACE	10	0.569	0.001	22	19	I									+	+		+			3	21.429
Angelica sylvestris	ANSYL	2	0.122	0.215	28	24	II									+			2a		1	3	21.429
Festuca rubra	FESRU	10	0.274	0.002	56	48	III									1		2a			1	3	21.429
Potentilla erecta	POERE	6	0.192	0.021	69	59	III									1	+	1				3	21.429
Polemonium caeruleum	POCOE	3	0.143	0.088	2	2	r	1													2a	2	14.286
Hypericum maculatum s.str.	HYMAC	3	0.073	0.419	3	3	r							1					+			2	14.286
Heracleum sphondylium s.str.	HESPH	5	0.094	0.295	6	5	r	1								r						2	14.286
Agrostis canina	AGCAN	10	0.183	0.043	9	8	+										2a				+	2	14.286
Urtica dioica	URDIO	5	0.173	0.067	9	8	+	2a													+	2	14.286
Aconitum napellus aggr.	ACCOM	10	0.086	0.395	10	9	+				1					2a						2	14.286
Alchemilla vulgaris aggr.	ALXAN	5	0.328	0.001	11	9	+												1		r	2	14.286
Myosotis scorpioides	MYPAL	5	0.366	0.001	12	10	+	r	+													2	14.286
Primula elatior s.str.	PRELA	7	0.536	0.001	12	10	+									+			1			2	14.286
Epilobium palustre	EPPAL	10	0.365	0.003	13	11	I		1			+										2	14.286
Leontodon hispidus s.str.	LEOHI	7	0.451	0.001	15	13	I									+			+			2	14.286
Phleum pratense	PHPRA	5	0.425	0.002	15	13	I										+				2a	2	14.286
Colchicum autumnale	COAUT	1	0.179	0.094	16	14	I		+							r						2	14.286
Carex flava	CARFL	2	0.122	0.214	17	15	I										+	+				2	14.286
Crepis paludosa	CRPAL	7	0.445	0.001	17	15	I										1		1			2	14.286
Festuca pratensis s.str.	FESPR	5	0.548	0.001	17	15	I											1			+	2	14.286
Cirsium palustre	CIPAL	5	0.103	0.295	20	17	I										+			+		2	14.286
Silene flos-cuculi	SILFC	5	0.128	0.133	20	17	I										+	+				2	14.286
Dactylorhiza fistulosa	ORLAT	1	0.412	0.001	29	25	II									r	r					2	14.286
Carex panicea	CAPAN	1	0.304	0.006	38	32	II								+		1					2	14.286
Anthoxanthum odoratum	ANODO	10	0.240	0.009	39	33	II										1				+	2	14.286
Carex flacca	CAFLA	1	0.456	0.001	45	38	II									+	+					2	14.286
Molinia caerulea	MOCOE	6	0.291	0.001	56	48	III		+					+								2	14.286
Succisa pratensis	SUPRA	1	0.228	0.008	65	56	III									2a			2a			2	14.286
Agropyron caninum	AGRCA	3	0.071	0.586	1	1	r	+														1	7.143
Carex lepidocarpa	CALEP	3	0.071	0.567	1	1	r											+				1	7.143
Mentha spicata	MESPI	3	0.071	0.567	1	1	r										1					1	7.143
Myosotis sylvatica	MYOSY	3	0.071	0.536	1	1	r										1					1	7.143
Juncus alpinoarticulatus	JUALP	5	0.057	0.603	2	2	r										+					1	7.143
Knautia arvensis	KNARV	3	0.061	0.57	2	2	r									+						1	7.143
Phyteuma spicatum	PHSPI	3	0.067	0.475	2	2	r											1				1	7.143
Scutellaria galericulata	SCGAL	9	0.045	0.858	2	2	r				+											1	7.143
Silene vulgaris s.str.	SIVUL	2	0.037	0.983	2	2	r										1					1	7.143
Agropyron repens	AGREP	5	0.097	0.224	3	3	r														+	1	7.143
Campanula rhomboidalis	CARHO	1	0.070	0.448	3	3	r							+								1	7.143
Carex acuta	CAGRA	8	0.032	0.897	4	3	r										2a					1	7.143
Anthriscus sylvestris	CHSIL	5	0.107	0.181	5	4	r														1	1	7.143
Chaerophyllum hirsutum	CHCIC	7	0.789	0.001	5	4	r	+														1	7.143
Rumex crispus	RUCRI	5	0.158	0.048	5	4	r														r	1	7.143
Carex pallescens	CARPA	5	0.072	0.404	6	5	r							+								1	7.143
Carex umbrosa	CAUMB	2	0.076	0.359	6	5	r									1						1	7.143
Galium aparine	GAAPA	9	0.109	0.187	6	5	r	+														1	7.143
Prunella vulgaris	PRVUL	5	0.090	0.227	7	6	r										1					1	7.143
Veronica beccabunga	VEBEC	5	0.314	0.005	7	6	r										+					1	7.143
Cirsium oleraceum	CIOLE	9	0.203	0.041	8	7	+													1		1	7.143
Thesium pyrenaicum	THPYR	1	0.142	0.08	8	7	+									+						1	7.143
Cardamine pratensis	CAPRA	5	0.191	0.052	9	8	+									+						1	7.143
Carex leporina	CARLE	5	0.142	0.094	9	8	+											+				1	7.143
Phragmites australis	PHCOM	4	0.400	0.001	10	9	+		1													1	7.143
Scirpus sylvaticus	SCSIL	7	0.914	0.001	10	9	+										1					1	7.143
Alopecurus pratensis	ALPRA	5	0.456	0.001	11	9	+	+														1	7.143
Gentiana lutea	GELUT	1	0.360	0.003	11	9	+									+						1	7.143
Silene dioica	SIDIO	7	0.553	0.001	11	9	+						1									1	7.143
Astrantia major	ASMAJ	1	0.181	0.048	13	11	I									1						1	7.143
Phalaris arundinacea	TYARU	9	0.564	0.001	13	11	I	1														1	7.143
Viola palustris	VIPAL	10	0.575	0.001	14	12	I												+			1	7.143
Swertia perennis	SWPER	2	0.171	0.052	18	15	I									1						1	7.143
Lotus corniculatus	LOCOR	1	0.437	0.001	21	18	I										+					1	7.143
Agrostis stolonifera	AGSTO	5	0.371	0.001	26	22	II								+							1	7.143
Galium boreale	GABOR	2	0.302	0.006	27	23	II									+						1	7.143
Ranunculus acris subsp. friesianus	RAFRI	5	0.361	0.001	27	23	II										+					1	7.143
Briza media	BRMED	2	0.211	0.026	38	32	II										1					1	7.143

TABLEAU HOMOTONE - GROUPE 4		Dans les 117 relevés						1351	1352	506	508	698	699	507	1224	A l'intérieur du groupe 4	
		max.gr	ind.gr	pval	fréquence brute	constance	fréquence absolue	4	4	4	4	4	4	4	4	fréquence	constance
Schoenus ferrugineus	SCFER	4	0.972	0.001	9	8	+	2b	2b	2b	3	4	3	3	2a	8	100.000
Succisa pratensis	SUPRA	1	0.228	0.008	65	56	III	1	2a	2a	+	1	2a	1	1	8	100.000
Molinia caerulea	MOCOE	6	0.291	0.001	56	48	III		1	1	2b	3	2a	2b	1	7	87.500
Potentilla erecta	POERE	6	0.192	0.021	69	59	III	1	1		1	1	1	1	+	7	87.500
Salix repens	SAREP	4	0.391	0.002	19	16	I	r	1	r			1	1	+	6	75.000
Festuca rubra	FESRU	10	0.274	0.002	56	48	III		+		1	1	+	1	+	6	75.000
Phragmites australis	PHCOM	4	0.400	0.001	10	9	+	1	1	1			1	1		5	62.500
Betula pubescens	BEPUB	4	0.249	0.012	17	15	I	r	+				2a	r	+	5	62.500
Parnassia palustris	PAPAL	4	0.269	0.009	19	16	I	+	+		+		+		+	5	62.500
Sanguisorba officinalis	SAOFF	1	0.257	0.001	68	58	III	+	+				+	+	+	5	62.500
Carex davalliana	CADAV	2	0.196	0.041	24	21	II	2b		1	+		+			4	50.000
Vicia cracca s.str.	VICRA	1	0.141	0.272	67	57	III	+	+				+		+	4	50.000
Carex elata	CAELA	3	0.189	0.028	10	9	+	2a		3	2a					3	37.500
Carex hostiana	CAHOS	1	0.340	0.002	18	15	I		+			+			+	3	37.500
Primula farinosa	PRFAR	4	0.137	0.111	19	16	I	1		+			1			3	37.500
Cirsium palustre	CIPAL	5	0.103	0.295	20	17	I		r			+	+			3	37.500
Carex panicea	CAPAN	1	0.304	0.006	38	32	II	1			+			+		3	37.500
Carex flacca	CAFLA	1	0.456	0.001	45	38	II		1				+		1	3	37.500
Equisetum variegatum	EQVAR	4	0.194	0.02	3	3	1				+				+	2	25.000
Calamagrostis varia	CAVAR	4	0.156	0.052	4	3	1		+						+	2	25.000
Carex lasiocarpa	CALAS	4	0.156	0.072	6	5	1		+	3						2	25.000
Genista tinctoria	GETIN	4	0.134	0.095	6	5	1		+						+	2	25.000
Silaum silaus	SISEL	2	0.155	0.061	7	6	1		+					r		2	25.000
Picea abies	PIEXC	4	0.073	0.482	9	8	+		r						r	2	25.000
Polygala amarella	POAMA	1	0.133	0.111	13	11	I	+							+	2	25.000
Eriophorum angustifolium	ERANG	8	0.390	0.001	14	12	I	1			+					2	25.000
Swertia perennis	SWPER	2	0.171	0.052	18	15	I		+					+		2	25.000
Galium boreale	GABOR	2	0.302	0.006	27	23	II		1			+				2	25.000
Briza media	BRMED	2	0.211	0.026	38	32	II		1						1	2	25.000
Galium uliginosum	GAULI	10	0.270	0.004	40	34	II	+		+						2	25.000
Valeriana dioica	VADIO	1	0.123	0.275	40	34	II		+						+	2	25.000
Filipendula ulmaria	FIULM	3	0.304	0.001	65	56	III	r					+			2	25.000
Gentiana verna	GEVER	4	0.125	0.16	1	1	1		+							1	12.500
Cardamine udicola	CAUDI	1	0.050	0.836	2	2	1	r								1	12.500
Tofieldia calyculata	TOCAL	4	0.075	0.397	3	3	1								+	1	12.500
Carex acuta	CAGRA	8	0.032	0.897	4	3	1						+			1	12.500
Pedicularis palustris	PEDPA	2	0.088	0.327	4	3	1	+								1	12.500
Pinguicula vulgaris	PIVUL	8	0.082	0.303	4	3	1								+	1	12.500
Sesleria caerulea	SECOE	2	0.121	0.11	5	4	1								1	1	12.500
Eriophorum latifolium	ERLAT	8	0.051	0.675	6	5	1			+						1	12.500
Linum catharticum	LICAT	1	0.171	0.044	6	5	1								r	1	12.500
Leucanthemum vulgare aggr.	CHPRA	1	0.057	0.585	7	6	1		+							1	12.500
Scabiosa lucida	SCLUC	2	0.179	0.044	8	7	+								+	1	12.500
Gymnadenia conopsea	GYCON	1	0.277	0.005	9	8	+			+						1	12.500
Trichophorum cespitosum	TRCAE	8	0.306	0.005	13	11	I					+				1	12.500
Leontodon hispidus s.str.	LEOHI	7	0.451	0.001	15	13	I		+							1	12.500
Colchicum autumnale	COAUT	1	0.179	0.094	16	14	I		r							1	12.500
Carex flava	CARFL	2	0.122	0.214	17	15	I						+			1	12.500
Equisetum palustre	EQPAL	8	0.117	0.188	20	17	I	+								1	12.500
Angelica sylvestris	ANSYL	2	0.122	0.215	28	24	II	1								1	12.500
Dactylorhiza fistulosa	ORLAT	1	0.412	0.001	29	25	II								r	1	12.500
Lathyrus pratensis	LAPRA	5	0.124	0.307	50	43	III		+							1	12.500

TABLEAU HOMOTONE - GROUPE 5		Dans les 117 relevés						1296	1297	1397	1670	485	488	1571	1574	1719	1724	1559	597	1659	1660	A l'intérieur du groupe 5	
		max.gr	ind.gr	pval	fréquence brute	constance	fréquence absolue	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	fréquence	constance
Cirsium rivulare	CISAL	7	0.300	0.001	56	48	III	2a	1	2a	1	1	2b	+		+	+		+	1	1	12	85.714
Festuca rubra	FESRU	10	0.274	0.002	56	48	III		1	1	1	2a	2a	2a	1	+		2a	1	1	1	12	85.714
Trifolium repens s.str.	TRIRE	5	0.731	0.001	13	11	I	+	1	1	+	1	1	+	1	1	+	1				11	78.571
Festuca pratensis s.str.	FESPR	5	0.548	0.001	17	15	I		1	+	1	2b	2a	1	2a	2a		2a	1	1		11	78.571
Agrostis stolonifera	AGSTO	5	0.371	0.001	26	22	II		1	1	1	1	1	1	+	+	1	1	2a			11	78.571
Cynosurus cristatus	CYCRI	5	0.622	0.001	15	13	I	1	2a	1	2b	2b	1	1	2a	+	+					10	71.429
Phleum pratense	PHPRA	5	0.425	0.002	15	13	I	2a	+		+	1	1	1	1	1		2a	+			10	71.429
Trifolium pratense s.str.	TRPRA	5	0.454	0.001	26	22	II	2a	2a	2a	2a	2a	1	1	1	+	+					10	71.429
Ranunculus acris subsp. friesianus	RAFRI	5	0.361	0.001	27	23	II	1	2a	1	2a	1	+	1	+	1		1				10	71.429
Anthoxanthum odoratum	ANODO	10	0.240	0.009	39	33	II		1	1	1	1	1	+	1	1	+	1				10	71.429
Caltha palustris	CALTP	3	0.253	0.006	45	38	II	2a	2a	2b	+			+	1	2a	2a	+	+			10	71.429
Polygonum bistorta	POBIS	10	0.365	0.001	52	44	III	+	1	2b	1	1		+	2a		+			+		9	64.286
Alopecurus pratensis	ALPRA	5	0.456	0.001	11	9	+		1	2a	1	1	2a						+	4	2a	8	57.143
Rumex acetosa	RUACE	10	0.569	0.001	22	19	I		r	+	1	+	+	1					+	r		8	57.143
Lathyrus pratensis	LAPRA	5	0.124	0.307	50	43	III	1		+	+	1	+				+	1	2a			8	57.143
Filipendula ulmaria	FIULM	3	0.304	0.001	65	56	III	+		1			+		+	+	+	2b	1			8	57.143
Vicia cracca s.str.	VICRA	1	0.141	0.272	67	57	III	+		+	+	+	+		+			2a	1			8	57.143
Carex hirta	CARHI	5	0.345	0.001	12	10	+					+	1	+		1	+	1	+			7	50.000
Myosotis scorpioides	MYPAL	5	0.366	0.001	12	10	+		+		1		+			1	1	1	r			7	50.000
Veronica chamaedrys	VECHA	5	0.309	0.006	14	12	I					2a	+	1	+		r	+	+			7	50.000
Dactylis glomerata	DAGLO	5	0.275	0.005	15	13	I					1	1				+	1	1	1	1	7	50.000
Valeriana officinalis	VALOF	3	0.100	0.473	29	25	II		r	r	+		r				r	1	2b			7	50.000
Taraxacum officinale aggr.	TAOFF	5	0.429	0.001	6	5	r		r	+	+	+						+			r	6	42.857
Ranunculus repens	RAREP	5	0.391	0.002	7	6	r					+	2a	1		+	1	1				6	42.857
Alchemilla vulgaris aggr.	ALXAN	5	0.328	0.001	11	9	+					2a	1	1	1		+	1				6	42.857
Poa trivialis s.str.	POTRI	5	0.175	0.037	16	14	I	2a				1	1			+		1	1			6	42.857
Briza media	BRMED	2	0.211	0.026	38	32	II	+			+				+	+	+	1				6	42.857
Carex nigra	CANIG	10	0.326	0.002	43	37	II	+					+	+	+	1	+					6	42.857
Cerastium fontanum subsp. vulgare	CECAE	5	0.259	0.018	7	6	r		+		1		+	r			r					5	35.714
Juncus articulatus	JUART	5	0.207	0.022	7	6	r						+	+	+	1		+				5	35.714
Veronica beccabunga	VEBEC	5	0.314	0.005	7	6	r						+	+		+	+	1				5	35.714
Cardamine pratensis	CAPRA	5	0.191	0.052	9	8	+						+	r	r	+	r					5	35.714
Poa pratensis	POPRA	5	0.241	0.01	9	8	+		1	1	1									+	1	5	35.714
Juncus inflexus	JUINF	5	0.209	0.024	11	9	+					1				2a	2a	3	2a			5	35.714
Juncus effusus	JUEFF	5	0.141	0.096	15	13	I	+						2b	2b	2a	+					5	35.714
Leontodon hispidus s.str.	LEOHI	7	0.451	0.001	15	13	I						+	+	r	r	+					5	35.714
Cirsium palustre	CIPAL	5	0.103	0.295	20	17	I							2a	+	1	+	2b				5	35.714
Silene flos-cuculi	SILFC	5	0.128	0.133	20	17	I	+	+	+	+						+					5	35.714
Galium uliginosum	GAULI	10	0.270	0.004	40	34	II						+	+		1	+	+				5	35.714
Deschampsia cespitosa	DECAE	10	0.320	0.001	41	35	II							3			+	+	1	+		5	35.714
Rhinanthus alectorolophus	RHALE	5	0.259	0.022	5	4	r	+	+	+	2a											4	28.571
Cruciata laevipes	CRLAE	3	0.147	0.094	8	7	+					+	+	+					+			4	28.571
Carex leporina	CARLE	5	0.142	0.094	9	8	+	1					+	+	1							4	28.571
Urtica dioica	URDIO	5	0.173	0.067	9	8	+											+	2a	2a	2b	4	28.571
Centaurea jacea s.str.	CEJAC	1	0.145	0.088	13	11	I	+		r					+				+			4	28.571
Galeopsis tetrahit	GATET	5	0.166	0.09	13	11	I							+					1	2b	4	4	28.571
Crepis paludosa	CRPAL	7	0.445	0.001	17	15	I	+				r				r	+					4	28.571
Galium mollugo	GAMOL	9	0.202	0.026	21	18	I									+	+	1	3			4	28.571
Geum rivale	GERIV	7	0.280	0.005	31	26	II		+		+				1			+				4	28.571
Valeriana dioica	VADIO	1	0.123	0.275	40	34	II								+	+	1	+				4	28.571
Carex flacca	CAFLA	1	0.456	0.001	45	38	II								1		+	1	+			4	28.571
Glyceria notata	GLPLI	5	0.214	0.018	3	3	r							+		+	2a					3	21.429
Anthriscus sylvestris	CHSIL	5	0.107	0.181	5	4	r					+	r						1			3	21.429
Rumex crispus	RUCRI	5	0.158	0.048	5	4	r						1					+	+			3	21.429
Heracleum sphondylium s.str.	HESPH	5	0.094	0.295	6	5	r					+							+		r	3	21.429
Prunella vulgaris	PRVUL	5	0.090	0.227	7	6	r				+				+	+						3	21.429
Epilobium palustre	EPPAL	10	0.365	0.003	13	11	I							+		+			+			3	21.429
Carex flava	CARFL	2	0.122	0.214	17	15	I			1					1		1					3	21.429
Lotus corniculatus	LOCOR	1	0.437	0.001	21	18	I	1							+			+				3	21.429
Potentilla erecta	POERE	6	0.192	0.021	69	59	III								+		+	+				3	21.429
Blysmus compressus	BLCOM	5	0.143	0.131	2	2	r									2a	+					2	14.286
Festuca arundinacea s.l.	FEARU	5	0.143	0.116	2	2	r		1		1											2	14.286
Plantago major s.str.	PLMAJ	5	0.143	0.107	2	2	r					+			+							2	14.286
Trisetum flavescens	TRFLA	5	0.143	0.117	2	2	r		1		+											2	14.286
Agropyron repens	AGREP	5	0.097	0.224	3	3	r													+	+	2	14.286
Alchemilla glabra aggr.	ALGLA	10	0.154	0.049	4	3	r				+	1										2	14.286
Epilobium parviflorum	EPPAR	7	0.207	0.024	4	3	r									+		2a				2	14.286
Carex pallescens	CARPA	5	0.072	0.404	6	5	r								2a		+					2	14.286
Galium aparine	GAAPA	9	0.109	0.187	6	5	r													+	+	2	14.286
Plantago lanceolata	PLLAN	1	0.106	0.154	7	6	r				+					+						2	14.286
Cirsium oleraceum	CIOLE	9	0.203	0.041	8	7	+										r				r	2	14.286
Scirpus sylvaticus	SCSIL	7	0.914	0.001	10	9	+					+	1									2	14.286
Silene dioica	SIDIO	7	0.553	0.001	11	9	+									r					1	2	14.286
Primula elatior s.str.	PRELA	7	0.536	0.001	12	10	+					+						+				2	14.286
Equisetum palustre	EQPAL	8	0.117	0.188	20	17	I									+	+					2	14.286
Angelica sylvestris	ANSYL	2	0.122	0.215	28	24	II	+									r					2	14.286
Succisa pratensis	SUPRA	1	0.228	0.008	65	56	III								+	+						2	14.286
Cirsium eriophorum s.str.	CIERE	5	0.071	0.559	1	1	r												+			1	7.143
Epilobium obscurum	EPOBS	5	0.071	0.582	1	1	r												r			1	7.143
Epilobium roseum	EPROS	5	0.071	0.588	1	1	r												r			1	7.143
Erysimum cheiranthoides	ERYCH	5	0.071	0.569	1	1	r														r	1	7.143
Juncus compressus	JUNCP	5	0.071	0.574	1	1	r										1					1	7.143
Lolium perenne	LOPER	5	0.071	0.595	1	1	r		+													1	7.143
Plantago media	PLMED	5	0.071	0.58	1	1	r		r													1	7.143
Achillea millefolium	ACMIL	5	0.035	0.939	2	2	r						r									1	7.143
Agrostis capillaris	AGCAP	5	0.044	0.8	2	2	r													1		1	7.143
Juncus alpinoarticulatus	JUALP	5	0.057	0.603	2	2	r										1					1	7.143
Veronica officinalis	VEOFF	2	0.045	0.955	2	2	r						r									1	7.143
Clinopodium vulgare	SAVUL	5	0.037	0.781	3	3	r												+			1	7.143
Medicago lupulina	MELUP	1	0.126	0.188	3	3	r				r											1	7.143
Primula veris s.str.	PRVER	1	0.123	0.164	3	3	r		r													1	7.143
Calamagrostis varia	CAVAR	4	0.156	0.052	4	3	r														1	1	7.143
Carex acuta	CAGRA	8	0.032	0.897	4	3	r					1										1	7.143
Epilobium hirsutum	EPHIR	3	0.141	0.118	4	3	r										+					1	7.143
Carex echinata	CARST	6	0.190	0.033	5	4	r		+													1	7.143
Holcus lanatus	HOLAN	1	0.058	0.599	5	4	r	+														1	7.143
Carum carvi	CACAR	1	0.294	0.006	6	5	r								+							1	7.143
Chaerophyllum villarsii	CHVIL	3	0.133	0.098	6	5	r										+					1	7.143
Crepis mollis	CRMOL	10	0.154	0.077	8	7	+							r								1	7.143
Geranium sylvaticum	GESIL	7	0.466	0.001	8	7	+									+						1	7.143
Agrostis canina	AGCAN	10	0.183	0.043	9	8	+	2a														1	7.143
Bromus erectus s.str.	BRERE	2	0.165	0.073	9	8	+		1													1	7.143
Helictotrichon pubescens	HEPUB	10	0.168	0.046	9	8	+					2b										1	7.143
Carex paniculata	CAPAT	3	0.492	0.001	12	10	+											1				1	7.143
Eriophorum angustifolium	ERANG	8	0.390	0.001	14	12	I									+						1	7.143
Festuca ovina	FEOVI	10	0.265	0.009	21	18	I	3														1	7.143
Carex rostrata	CAROS	8	0.775	0.001	24	21	II										1					1	7.143
Veratrum album s.str.	VERAL	7	0.536	0.001	26	22	II					r										1	7.143
Galium boreale	GABOR	2	0.302	0.006	27	23	II	+														1	7.143
Dactylorhiza fistulosa	ORLAT	1	0.412	0.001	29	25	II									+						1	7.143
Carex panicea	CAPAN	1	0.304	0.006	38	32	II									+						1	7.143
Trollius europaeus	TREUR	1	0.316	0.001	38	32	II			2a												1	7.143
Sanguisorba officinalis	SAOFF	1	0.257	0.001	68	58	III								+							1	7.143

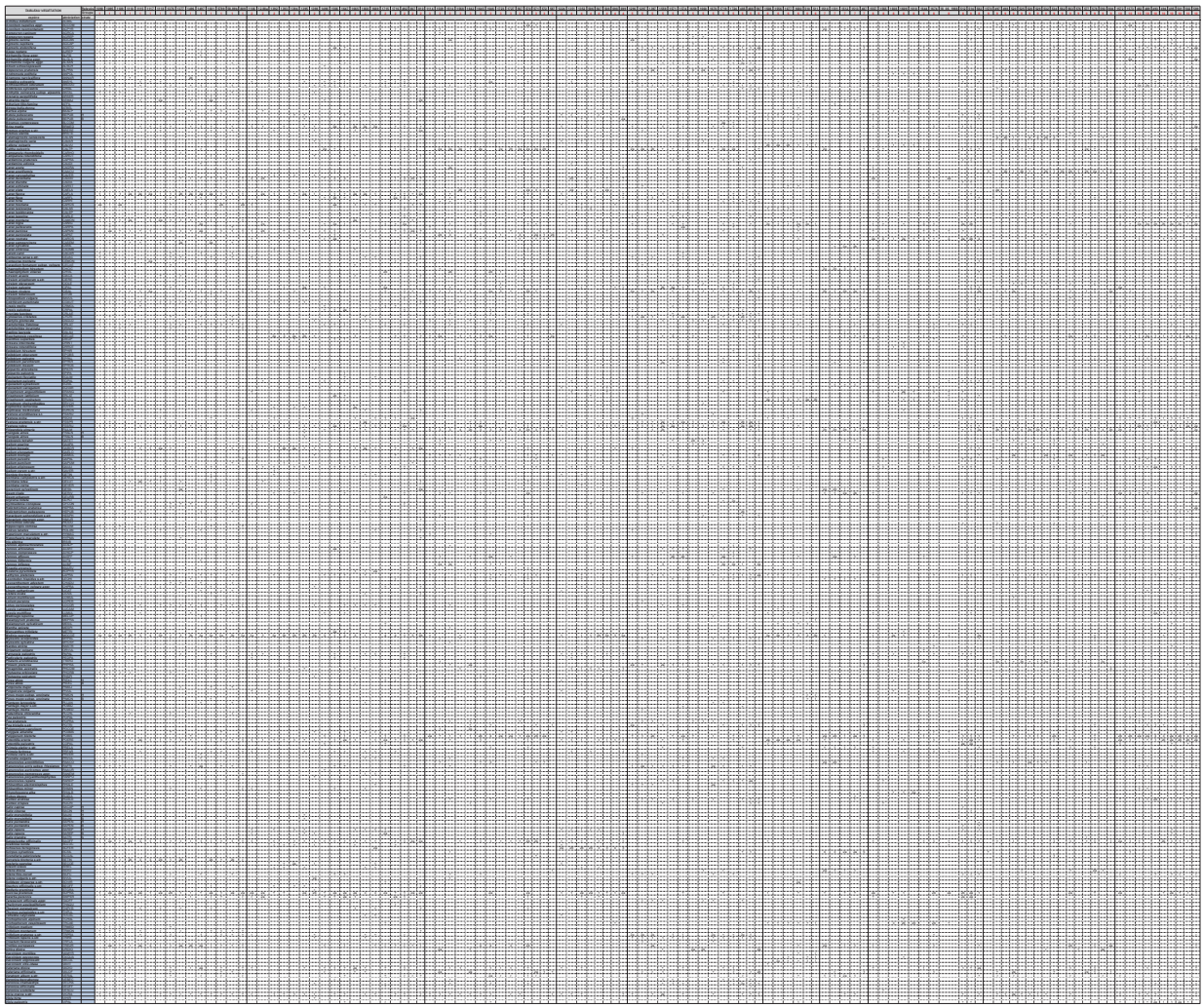
TABLEAU HOMOTONE - GROUPE 6		Dans les 117 relevés						1508	1556	1677	510	511	1680	A l'intérieur du groupe 6	
		max.gr	ind.gr	pval	fréquence brute	constance	fréquence absolue	6	6	6	6	6	6	fréquence	constance
Calluna vulgaris	CALVU	6	0.834	0.001	9	8	+	2b	2a	2b	1	1	1	6	100.000
Eriophorum vaginatum	ERVAG	6	0.872	0.001	12	10	+	2a	1	3	2a	2b	1	6	100.000
Trichophorum cespitosum	TRCAE	8	0.306	0.005	13	11	I	+	+	+	+	1	+	6	100.000
Carex nigra	CANIG	10	0.326	0.002	43	37	II	2a	1	1	2a	1	2a	6	100.000
Molinia caerulea	MOCOE	6	0.291	0.001	56	48	III	2a	2b	3	3	2b	3	6	100.000
Vaccinium uliginosum	VACUL	6	0.833	0.001	5	4	r		2a	+	1	1	+	5	83.333
Anthoxanthum odoratum	ANODO	10	0.240	0.009	39	33	II	1	1	1	1		+	5	83.333
Potentilla erecta	POERE	6	0.192	0.021	69	59	III	2a	2a	2a	1		2a	5	83.333
Luzula multiflora	LUMUL	10	0.322	0.001	21	18	I	+		+	+		+	4	66.667
Vaccinium oxycoccos	OXQUA	6	0.445	0.001	4	3	r			+	+	1		3	50.000
Melampyrum sylvaticum	MESIL	6	0.426	0.001	5	4	r		+		1		+	3	50.000
Carex lasiocarpa	CALAS	4	0.156	0.072	6	5	r	+	+	+				3	50.000
Betula pubescens	BEPUB	4	0.249	0.012	17	15	I	r	+				+	3	50.000
Galium uliginosum	GAULI	10	0.270	0.004	40	34	II	+	+				+	3	50.000
Lathyrus pratensis	LAPRA	5	0.124	0.307	50	43	III	+	+				r	3	50.000
Vaccinium myrtillus	VAMYR	6	0.333	0.004	2	2	r					r	+	2	33.333
Pinus mugo subsp. uncinata	PIMON	6	0.305	0.005	3	3	r				+	1		2	33.333
Carex echinata	CARST	6	0.190	0.033	5	4	r			+			+	2	33.333
Festuca ovina	FEOVI	10	0.265	0.009	21	18	I	1		1				2	33.333
Succisa pratensis	SUPRA	1	0.228	0.008	65	56	III	1					+	2	33.333
Sanguisorba officinalis	SAOFF	1	0.257	0.001	68	58	III	+					+	2	33.333
Atropa bella-donna	ATBEL	6	0.167	0.106	1	1	r						+	1	16.667
Luzula campestris	LUCAM	6	0.167	0.098	1	1	r		+					1	16.667
Melampyrum pratense	MEPRA	6	0.167	0.09	1	1	r					1		1	16.667
Vaccinium vitis-idaea	VAVIT	6	0.167	0.099	1	1	r	+						1	16.667
Solidago virgaurea s.str.	SOVIR	6	0.158	0.08	2	2	r						2a	1	16.667
Carex pallescens	CARPA	5	0.072	0.404	6	5	r						+	1	16.667
Carex umbrosa	CAUMB	2	0.076	0.359	6	5	r						+	1	16.667
Geranium sylvaticum	GESIL	7	0.466	0.001	8	7	+						r	1	16.667
Potentilla palustris	COPAL	8	0.102	0.229	8	7	+	r						1	16.667
Picea abies	PIEXC	4	0.073	0.482	9	8	+						r	1	16.667
Eriophorum angustifolium	ERANG	8	0.390	0.001	14	12	I	+						1	16.667
Viola palustris	VIPAL	10	0.575	0.001	14	12	I						1	1	16.667
Juncus effusus	JUEFF	5	0.141	0.096	15	13	I						+	1	16.667
Cirsium palustre	CIPAL	5	0.103	0.295	20	17	I		+					1	16.667
Equisetum palustre	EQPAL	8	0.117	0.188	20	17	I						1	1	16.667
Carex rostrata	CAROS	8	0.775	0.001	24	21	II						1	1	16.667
Veratrum album s.str.	VERAL	7	0.536	0.001	26	22	II						+	1	16.667
Angelica sylvestris	ANSYL	2	0.122	0.215	28	24	II						+	1	16.667
Dactylorhiza fistulosa	ORLAT	1	0.412	0.001	29	25	II						r	1	16.667
Carex panicea	CAPAN	1	0.304	0.006	38	32	II						+	1	16.667
Trollius europaeus	TREUR	1	0.316	0.001	38	32	II						+	1	16.667
Polygonum bistorta	POBIS	10	0.365	0.001	52	44	III						+	1	16.667
Cirsium rivulare	CISAL	7	0.300	0.001	56	48	III						r	1	16.667
Festuca rubra	FESRU	10	0.274	0.002	56	48	III						+	1	16.667

TABLEAU HOMOTONE - GROUPE 7		Dans les 117 relevés						1511	1512	1513	1510	487	A l'intérieur du groupe 7	
		max.gr	ind.gr	pval	fréquence brute	constance	fréquence absolue	7	7	7	7	7	fréquence	constance
Scirpus sylvaticus	SCSIL	7	0.914	0.001	10	9	+	3	2a	2a	4	5	5	100.000
Polygonum bistorta	POBIS	10	0.365	0.001	52	44	III	2b	1	2a	2a	1	5	100.000
Cirsium rivulare	CISAL	7	0.300	0.001	56	48	III	1	2b	2a	2b	+	5	100.000
Filipendula ulmaria	FIULM	3	0.304	0.001	65	56	III	2b	2b	3	2b	2a	5	100.000
Chaerophyllum hirsutum	CHCIC	7	0.789	0.001	5	4	r	2b	3	3	2a		4	80.000
Silene dioica	SIDIO	7	0.553	0.001	11	9	+	1	1	1	2a		4	80.000
Primula elatior s.str.	PRELA	7	0.536	0.001	12	10	+	1	1	1	+		4	80.000
Leontodon hispidus s.str.	LEOHI	7	0.451	0.001	15	13	I	+	1	+	+		4	80.000
Crepis paludosa	CRPAL	7	0.445	0.001	17	15	I	1	1	1	1		4	80.000
Veratrum album s.str.	VERAL	7	0.536	0.001	26	22	II	1	2a	1	1		4	80.000
Geum rivale	GERIV	7	0.280	0.005	31	26	II	1	2a	2b	1		4	80.000
Carex sylvatica	CASIL	7	0.600	0.001	3	3	r	+	2a	2b			3	60.000
Equisetum sylvaticum	EQSIL	7	0.600	0.001	3	3	r	1	+	1			3	60.000
Geranium sylvaticum	GESIL	7	0.466	0.001	8	7	+	2b	1		2a		3	60.000
Aconitum neomontanum	ACPYR	7	0.390	0.001	9	8	+		+	1	2a		3	60.000
Astrantia major	ASMAJ	1	0.181	0.048	13	11	I		+	+	+		3	60.000
Trollius europaeus	TREUR	1	0.316	0.001	38	32	II		1	1	2a		3	60.000
Deschampsia cespitosa	DECAE	10	0.320	0.001	41	35	II		1	+		+	3	60.000
Succisa pratensis	SUPRA	1	0.228	0.008	65	56	III		+	+	+		3	60.000
Epilobium parviflorum	EPPAR	7	0.207	0.024	4	3	r	+				+	2	40.000
Galeopsis tetrahit	GATET	5	0.166	0.09	13	11	I		+	+			2	40.000
Ranunculus aconitifolius	RAACO	7	0.203	0.027	13	11	I	2b			2a		2	40.000
Juncus effusus	JUEFF	5	0.141	0.096	15	13	I	2a		1			2	40.000
Valeriana officinalis	VALOF	3	0.100	0.473	29	25	II	r				1	2	40.000
Caltha palustris	CALTP	3	0.253	0.006	45	38	II				2a	1	2	40.000
Vicia cracca s.str.	VICRA	1	0.141	0.272	67	57	III		+	+			2	40.000
Athyrium filix-femina	ATFIL	7	0.200	0.042	1	1	r	1					1	20.000
Daphne laureola	DALAU	7	0.200	0.047	1	1	r		r				1	20.000
Rubus idaeus	RUIDA	7	0.200	0.044	1	1	r			+			1	20.000
Picea abies	PIEXC	4	0.073	0.482	9	8	+	r					1	20.000
Alopecurus pratensis	ALPRA	5	0.456	0.001	11	9	+					1	1	20.000
Phleum pratense	PHPRA	5	0.425	0.002	15	13	I					1	1	20.000
Poa trivialis s.str.	POTRI	5	0.175	0.037	16	14	I					1	1	20.000
Rumex acetosa	RUACE	10	0.569	0.001	22	19	I			r			1	20.000
Agrostis stolonifera	AGSTO	5	0.371	0.001	26	22	II					1	1	20.000
Dactylorhiza fistulosa	ORLAT	1	0.412	0.001	29	25	II			r			1	20.000
Molinia caerulea	MOCOE	6	0.291	0.001	56	48	III				1		1	20.000
Potentilla erecta	POERE	6	0.192	0.021	69	59	III				+		1	20.000

TABLEAU HOMOTONE - GROUPE 8		Dans les 117 relevés						1610	512	514	1608	1609	1557	1674	18_06_1988	1565	1644	582	A l'intérieur du groupe 8	
		max.gr	ind.gr	pval	fréquence brute	constance	fréquence absolue	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	fréquence	constance
Carex rostrata	CAROS	8	0.775	0.001	24	21	II	+	2a	2b	1	2a	2a	+	3	5	3	4	11	100.000
Succisa pratensis	SUPRA	1	0.228	0.008	65	56	III		2b	2a	+	1	2a	2b	2a			1	8	72.727
Potentilla erecta	POERE	6	0.192	0.021	69	59	III		1	2a	1	1	1	1	1			+	8	72.727
Eriophorum angustifolium	ERANG	8	0.390	0.001	14	12	I	+	+		1	2a	1	1	+				7	63.636
Carex nigra	CANIG	10	0.326	0.002	43	37	II		2a	2b		+	1	1		+	3		7	63.636
Sanguisorba officinalis	SAOFF	1	0.257	0.001	68	58	III		1	1			+	1	+		+	+	7	63.636
Parnassia palustris	PAPAL	4	0.269	0.009	19	16	I		+	+	r		+	+	+				6	54.545
Caltha palustris	CALTP	3	0.253	0.006	45	38	II		1	1			+			+	1	+	6	54.545
Molinia caerulea	MOCOE	6	0.291	0.001	56	48	III				2a	1	1	1	1			2a	6	54.545
Eriophorum vaginatum	ERVAG	6	0.872	0.001	12	10	+	1	+			+		+	+				5	45.455
Trichophorum cespitosum	TRCAE	8	0.306	0.005	13	11	I	2b			3	2b		2b	+				5	45.455
Equisetum palustre	EQPAL	8	0.117	0.188	20	17	I		+	+			+		+			+	5	45.455
Dactylorhiza fistulosa	ORLAT	1	0.412	0.001	29	25	II		+	r			r	+	+				5	45.455
Briza media	BRMED	2	0.211	0.026	38	32	II		1	1			+	1	+				5	45.455
Carex panicea	CAPAN	1	0.304	0.006	38	32	II		+				+	+	+		+		5	45.455
Galium uliginosum	GAULI	10	0.270	0.004	40	34	II		+	+			+	+		1			5	45.455
Valeriana dioica	VADIO	1	0.123	0.275	40	34	II		1	+			+				1	2a	5	45.455
Betula pubescens	BEPUB	4	0.249	0.012	17	15	I		+				1		1			+	4	36.364
Primula farinosa	PRFAR	4	0.137	0.111	19	16	I					+	+	1	+				4	36.364
Geum rivale	GERIV	7	0.280	0.005	31	26	II		1	+			+					+	4	36.364
Carex flacca	CAFLA	1	0.456	0.001	45	38	II			+			+	+	+				4	36.364
Lathyrus pratensis	LAPRA	5	0.124	0.307	50	43	III		1	1			+	+					4	36.364
Polygonum bistorta	POBIS	10	0.365	0.001	52	44	III		1	1							1	1	4	36.364
Filipendula ulmaria	FIULM	3	0.304	0.001	65	56	III		+	1							+	2a	4	36.364
Andromeda polifolia	ANPOL	8	0.273	0.007	3	3	r	+			+	+							3	27.273
Rhynchospora alba	RHALB	8	0.273	0.009	3	3	r	2a			+	1							3	27.273
Calluna vulgaris	CALVU	6	0.834	0.001	9	8	+	1			1	1							3	27.273
Galium palustre	GAPAL	10	0.090	0.314	12	10	+		+	+						+			3	27.273
Swertia perennis	SWPER	2	0.171	0.052	18	15	I		2a	2a			+						3	27.273
Salix repens	SAREP	4	0.391	0.002	19	16	I		r						+			r	3	27.273
Silene flos-cuculi	SILFC	5	0.128	0.133	20	17	I		r	r								+	3	27.273
Carex davalliana	CADAV	2	0.196	0.041	24	21	II						2a	+	2a				3	27.273
Trollius europaeus	TREUR	1	0.316	0.001	38	32	II						1	1				+	3	27.273
Cirsium rivulare	CISAL	7	0.300	0.001	56	48	III			r			+					2a	3	27.273
Festuca rubra	FESRU	10	0.274	0.002	56	48	III			+				+				+	3	27.273
Carex diandra	CADIA	8	0.182	0.022	2	2	r		+	+									2	18.182
Drosera rotundifolia	DRROT	8	0.182	0.028	2	2	r				1	1							2	18.182
Salix pentandra	SAPEN	8	0.182	0.075	2	2	r		r									+	2	18.182
Pinguicula vulgaris	PIVUL	8	0.082	0.303	4	3	r				+				+				2	18.182
Dianthus superbus	DISUP	2	0.066	0.426	6	5	r						+	+					2	18.182
Eriophorum latifolium	ERLAT	8	0.051	0.675	6	5	r								+			+	2	18.182
Bartsia alpina	BAALP	1	0.174	0.051	7	6	r				r	1							2	18.182
Potentilla palustris	COPAL	8	0.102	0.229	8	7	+		2a	2a									2	18.182
Cardamine pratensis	CAPRA	5	0.191	0.052	9	8	+		r	r									2	18.182
Primula elatior s.str.	PRELA	7	0.536	0.001	12	10	+						+					+	2	18.182
Polygala amarella	POAMA	1	0.133	0.111	13	11	I							r	+				2	18.182
Viola palustris	VIPAL	10	0.575	0.001	14	12	I		+	+									2	18.182
Carex flava	CARFL	2	0.122	0.214	17	15	I										+	+	2	18.182
Cirsium palustre	CIPAL	5	0.103	0.295	20	17	I			1								1	2	18.182
Festuca ovina	FEOVI	10	0.265	0.009	21	18	I		1	+									2	18.182
Luzula multiflora	LUMUL	10	0.322	0.001	21	18	I			+			+						2	18.182
Trifolium pratense s.str.	TRPRA	5	0.454	0.001	26	22	II			r				+					2	18.182
Galium boreale	GABOR	2	0.302	0.006	27	23	II			+								+	2	18.182
Angelica sylvestris	ANSYL	2	0.122	0.215	28	24	II		+									+	2	18.182
Deschampsia cespitosa	DECAE	10	0.320	0.001	41	35	II		+								1		2	18.182
Vicia cracca s.str.	VICRA	1	0.141	0.272	67	57	III		+									+	2	18.182
Drosera intermedia	DRINT	8	0.091	0.365	1	1	r					1							1	9.091
Galium elongatum	GAELO	8	0.091	0.332	1	1	r										1		1	9.091
Origanum vulgare	ORVUL	8	0.091	0.353	1	1	r										+		1	9.091
Salix caprea	SACAP	8	0.091	0.333	1	1	r		r										1	9.091
Salix cinerea	SACIN	8	0.091	0.313	1	1	r			r									1	9.091
Trichophorum alpinum	TCHAL	8	0.091	0.351	1	1	r					+							1	9.091
Veronica scutellata	VESCU	8	0.091	0.323	1	1	r									+			1	9.091
Nardus stricta	NASTR	10	0.051	0.639	2	2	r							+					1	9.091
Centaurea montana	CEMON	8	0.042	0.824	3	3	r											1	1	9.091
Equisetum variegatum	EQVAR	4	0.194	0.02	3	3	r							+					1	9.091
Hierochloe odorata	HIODO	9	0.086	0.279	3	3	r		+										1	9.091
Menyanthes trifoliata	METRI	2	0.069	0.508	3	3	r					+							1	9.091
Carex acuta	CAGRA	8	0.032	0.897	4	3	r						1						1	9.091
Dactylorhiza incarnata	ORINC	1	0.143	0.064	4	3	r							+					1	9.091
Vaccinium oxycoccos	OXQUA	6	0.445	0.001	4	3	r					+							1	9.091
Euphrasia rostkoviana	EUROS	2	0.063	0.522	5	4	r					+							1	9.091
Rumex crispus	RUCRI	5	0.158	0.048	5	4	r									+			1	9.091
Carex umbrosa	CAUMB	2	0.076	0.359	6	5	r						+						1	9.091
Chaerophyllum villarsii	CHVIL	3	0.133	0.098	6	5	r											+	1	9.091
Ranunculus repens	RAREP	5	0.391	0.002	7	6	r									+			1	9.091
Scabiosa lucida	SCLUC	2	0.179	0.044	8	7	+								+				1	9.091
Aconitum neomontanum	ACPYR	7	0.390	0.001	9	8	+											+	1	9.091
Agrostis canina	AGCAN	10	0.183	0.043	9	8	+			+									1	9.091
Picea abies	PIEXC	4	0.073	0.482	9	8	+				r								1	9.091
Ajuga reptans	AJREP	1	0.089	0.382	11	9	+											+	1	9.091
Myosotis scorpioides	MYPAL	5	0.366	0.001	12	10	+											+	1	9.091
Epilobium palustre	EPPAL	10	0.365	0.003	13	11	I										+		1	9.091
Phalaris arundinacea	TYARU	9	0.564	0.001	13	11	I										2a		1	9.091
Juncus effusus	JUEFF	5	0.141	0.096	15	13	I										+		1	9.091
Carex acutiformis	CAACU	9	0.824	0.001	17	15	I						+						1	9.091
Crepis paludosa	CRPAL	7	0.445	0.001	17	15	I											1	1	9.091
Galium mollugo	GAMOL	9	0.202	0.026	21	18	I											+	1	9.091
Agrostis stolonifera	AGSTO	5	0.371	0.001	26	22	II										+		1	9.091
Veratrum album s.str.	VERAL	7	0.536	0.001	26	22	II											+	1	9.091
Ranunculus acris subsp. friesianus	RAFRI	5	0.361	0.001	27	23	II			r									1	9.091
Valeriana officinalis	VALOF	3	0.100	0.473	29	25	II							1					1	9.091
Anthoxanthum odoratum	ANODO	10	0.240	0.009	39	33	II						+						1	9.091

TABLEAU HOMOTONE - GROUPE 9		Dans les 117 relevés						1570	497	498	520	525	526	529	532	534	562	576	593	563	578	577	804	A l'intérieur du groupe 9	
		max.gr	ind.gr	pval	fréquence brute	constance	fréquence absolue	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	fréquence	constance
Filipendula ulmaria	FIULM	3	0.304	0.001	65	56	III		2b	3	3	4	2b	2b	3	3	5	3	4	4	4	2b	2b	15	93.750
Carex acutiformis	CAACU	9	0.824	0.001	17	15	I	5		2b	1	2b	+		2b	1	2b	1	1	2b	2a	2b	3	14	87.500
Phalaris arundinacea	TYARU	9	0.564	0.001	13	11	I		2a	1	+	2b	+	1	2a	1		3	2a			1		11	68.750
Lathyrus pratensis	LAPRA	5	0.124	0.307	50	43	III		+		1		r	+	+	r		+			+	+		9	56.250
Calamagrostis canescens	CALAN	9	0.500	0.001	8	7	+		4	2b	1		4	4	2b	3			1					8	50.000
Vicia cracca s.str.	VICRA	1	0.141	0.272	67	57	III		+	1	2a	+	1	1	+					+				8	50.000
Galium mollugo	GAMOL	9	0.202	0.026	21	18	I				2a				2a	1			2a	2a	1	+		7	43.750
Cirsium rivulare	CISAL	7	0.300	0.001	56	48	III		1	+	2a									1	1	1	2a	7	43.750
Sanguisorba officinalis	SAOFF	1	0.257	0.001	68	58	III		+		1					1				1	1	+	1	7	43.750
Aconitum napellus aggr.	ACCOM	10	0.086	0.395	10	9	+		+		+						r		r	+	r			6	37.500
Ranunculus aconitifolius	RAACO	7	0.203	0.027	13	11	I		1		1		2a	+	1							1		6	37.500
Valeriana officinalis	VALOF	3	0.100	0.473	29	25	II		+		2a					+					1	2a	1	6	37.500
Cirsium oleraceum	CIOLE	9	0.203	0.041	8	7	+				+	1			+					r	r			5	31.250
Angelica sylvestris	ANSYL	2	0.122	0.215	28	24	II		+		+					r				r	r			5	31.250
Caltha palustris	CALTP	3	0.253	0.006	45	38	II				1	r	+								+	2a		5	31.250
Polygonum bistorta	POBIS	10	0.365	0.001	52	44	III				+		1	1		2b					+			5	31.250
Silene dioica	SIDIO	7	0.553	0.001	11	9	+					r							1	+	2a			4	25.000
Veratrum album s.str.	VERAL	7	0.536	0.001	26	22	II		r		r								r	r				4	25.000
Deschampsia cespitosa	DECAE	10	0.320	0.001	41	35	II			+										2a	1	1		4	25.000
Galium aparine	GAAPA	9	0.109	0.187	6	5	r					+				+			1					3	18.750
Urtica dioica	URDIO	5	0.173	0.067	9	8	+								r			+	2a					3	18.750
Galeopsis tetrahit	GATET	5	0.166	0.09	13	11	I		+		+					1								3	18.750
Geum rivale	GERIV	7	0.280	0.005	31	26	II													+	1	+		3	18.750
Trollius europaeus	TREUR	1	0.316	0.001	38	32	II													2b	1		2a	3	18.750
Potentilla erecta	POERE	6	0.192	0.021	69	59	III									r				+	+			3	18.750
Hierochloe odorata	HIODO	9	0.086	0.279	3	3	r		1							+								2	12.500
Carex paniculata	CAPAT	3	0.492	0.001	12	10	+								+							1		2	12.500
Galium palustre	GAPAL	10	0.090	0.314	12	10	+		+							+								2	12.500
Primula elatior s.str.	PRELA	7	0.536	0.001	12	10	+													1	+			2	12.500
Valeriana dioica	VADIO	1	0.123	0.275	40	34	II													1	1			2	12.500
Succisa pratensis	SUPRA	1	0.228	0.008	65	56	III													2a	+			2	12.500
Bromus sterilis	BRSTE	9	0.063	0.846	1	1	r													+				1	6.250
Lolium multiflorum	LOMUL	9	0.063	0.848	1	1	r				+													1	6.250
Salix triandra	SATRI	9	0.063	0.833	1	1	r															r		1	6.250
Scutellaria galericulata	SCGAL	9	0.045	0.858	2	2	r									1								1	6.250
Clinopodium vulgare	SAVUL	5	0.037	0.781	3	3	r													+				1	6.250
Anthriscus sylvestris	CHSIL	5	0.107	0.181	5	4	r		+															1	6.250
Heracleum sphondylium s.str.	HESPH	5	0.094	0.295	6	5	r												r					1	6.250
Carex elata	CAELA	3	0.189	0.028	10	9	+		2a															1	6.250
Phragmites australis	PHCOM	4	0.400	0.001	10	9	+																4	1	6.250
Scirpus sylvaticus	SCSIL	7	0.914	0.001	10	9	+	+																1	6.250
Alopecurus pratensis	ALPRA	5	0.456	0.001	11	9	+			+														1	6.250
Gentiana lutea	GELUT	1	0.360	0.003	11	9	+													r				1	6.250
Myosotis scorpioides	MYPAL	5	0.366	0.001	12	10	+														1			1	6.250
Epilobium palustre	EPPAL	10	0.365	0.003	13	11	I														r			1	6.250
Colchicum autumnale	COAUT	1	0.179	0.094	16	14	I																r	1	6.250
Poa trivialis s.str.	POTRI	5	0.175	0.037	16	14	I														+			1	6.250
Betula pubescens	BEPUB	4	0.249	0.012	17	15	I									r								1	6.250
Carex flava	CARFL	2	0.122	0.214	17	15	I														+			1	6.250
Equisetum palustre	EQPAL	8	0.117	0.188	20	17	I	r																1	6.250
Agrostis stolonifera	AGSTO	5	0.371	0.001	26	22	II									+								1	6.250
Galium uliginosum	GAULI	10	0.270	0.004	40	34	II									+								1	6.250
Carex nigra	CANIG	10	0.326	0.002	43	37	II													+				1	6.250
Carex flacca	CAFLA	1	0.456	0.001	45	38	II													1				1	6.250
Molinia caerulea	MOCOE	6	0.291	0.001	56	48	III														+			1	6.250

TABLEAU HOMOTONE - GROUPE 10		Dans les 117 relevés						1573	589	482	489	493	494	495	1572	501	502	A l'intérieur du groupe 10	
		max.gr	ind.gr	pval	fréquence brute	constance	fréquence absolue	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	fréquence	constance
Deschampsia cespitosa	DECAE	10	0.320	0.001	41	35	II	+	+	1	2a	1	1	+	+	3	2a	10	100.000
Carex nigra	CANIG	10	0.326	0.002	43	37	II	+	2a	2a	2a	2b	2b	2a	3	2a	1	10	100.000
Polygonum bistorta	POBIS	10	0.365	0.001	52	44	III	2b	2a	2a	2a	4	3	2a	2b	2b	4	10	100.000
Festuca rubra	FESRU	10	0.274	0.002	56	48	III	1	2a	2b	1	1	+	1	1	1	2a	10	100.000
Rumex acetosa	RUACE	10	0.569	0.001	22	19	I		+	1	1	2b	+	r	+	+	+	9	90.000
Potentilla erecta	POERE	6	0.192	0.021	69	59	III	1	2a		+	1	2b	2a	2a	2b	2b	9	90.000
Viola palustris	VIPAL	10	0.575	0.001	14	12	I			1	+	2a	1	1	+	2a	+	8	80.000
Festuca ovina	FEOVI	10	0.265	0.009	21	18	I	+		+		1	1	1	1	1	+	8	80.000
Agrostis stolonifera	AGSTO	5	0.371	0.001	26	22	II		2a	+	+	+	+		+	+	+	8	80.000
Anthoxanthum odoratum	ANODO	10	0.240	0.009	39	33	II		1	2b	2b	1	+	+		1	+	8	80.000
Galium uliginosum	GAULI	10	0.270	0.004	40	34	II	1	1	+	+	2a		1	1	+		8	80.000
Sanguisorba officinalis	SAOFF	1	0.257	0.001	68	58	III	1	+	+			2b	1	2a	+	1	8	80.000
Luzula multiflora	LUMUL	10	0.322	0.001	21	18	I		+			2a	+	1	1	+	+	7	70.000
Geum rivale	GERIV	7	0.280	0.005	31	26	II	3	2a	+	3	1		+	2a			7	70.000
Epilobium palustre	EPPAL	10	0.365	0.003	13	11	I		+	1	1	+		+	+			6	60.000
Succisa pratensis	SUPRA	1	0.228	0.008	65	56	III		1				+	2a	2a	+	r	6	60.000
Vicia cracca s.str.	VICRA	1	0.141	0.272	67	57	III		+	+	+	+		+	1			6	60.000
Silene flos-cuculi	SILFC	5	0.128	0.133	20	17	I		r			+		+	r	r		5	50.000
Caltha palustris	CALTP	3	0.253	0.006	45	38	II		2a	1	1	+		+				5	50.000
Lathyrus pratensis	LAPRA	5	0.124	0.307	50	43	III	+	1			+		+	+			5	50.000
Filipendula ulmaria	FIULM	3	0.304	0.001	65	56	III	4	2a		1			2a	2b			5	50.000
Agrostis canina	AGCAN	10	0.183	0.043	9	8	+	+				+		1	1			4	40.000
Helictotrichon pubescens	HEPUB	10	0.168	0.046	9	8	+				+	1				1	+	4	40.000
Poa trivialis s.str.	POTRI	5	0.175	0.037	16	14	I		+		1	1	+					4	40.000
Carex rostrata	CAROS	8	0.775	0.001	24	21	II		1	1			+	+				4	40.000
Ranunculus acris subsp. friesianus	RAFRI	5	0.361	0.001	27	23	II		+	+	1			1				4	40.000
Crepis mollis	CRMOL	10	0.154	0.077	8	7	+							r	1	+		3	30.000
Potentilla palustris	COPAL	8	0.102	0.229	8	7	+							+	1		+	3	30.000
Carex leporina	CARLE	5	0.142	0.094	9	8	+		+						1		+	3	30.000
Galium palustre	GAPAL	10	0.090	0.314	12	10	+			+	+	+						3	30.000
Angelica sylvestris	ANSYL	2	0.122	0.215	28	24	II					+		r			r	3	30.000
Valeriana dioica	VADIO	1	0.123	0.275	40	34	II		+		1			+				3	30.000
Alchemilla glabra aggr.	ALGLA	10	0.154	0.049	4	3	r	2a	2a									2	20.000
Helictotrichon pratense	HEPRA	10	0.142	0.108	4	3	r		2a						+			2	20.000
Carex echinata	CARST	6	0.190	0.033	5	4	r		+							+		2	20.000
Rhinanthus minor	RHMIN	1	0.122	0.121	9	8	+			+	+							2	20.000
Aconitum napellus aggr.	ACCOM	10	0.086	0.395	10	9	+	2a	+									2	20.000
Carex hirta	CARHI	5	0.345	0.001	12	10	+		+						+			2	20.000
Veronica chamaedrys	VECHA	5	0.309	0.006	14	12	I		+			+						2	20.000
Juncus effusus	JUEFF	5	0.141	0.096	15	13	I	1	+									2	20.000
Phleum pratense	PHPRA	5	0.425	0.002	15	13	I		1								+	2	20.000
Festuca pratensis s.str.	FESPR	5	0.548	0.001	17	15	I					2a					1	2	20.000
Cirsium palustre	CIPAL	5	0.103	0.295	20	17	I		1						2a			2	20.000
Equisetum palustre	EQPAL	8	0.117	0.188	20	17	I		+			+						2	20.000
Galium boreale	GABOR	2	0.302	0.006	27	23	II		+					r				2	20.000
Dactylorhiza fistulosa	ORLAT	1	0.412	0.001	29	25	II		r					r				2	20.000
Briza media	BRMED	2	0.211	0.026	38	32	II		2a							+		2	20.000
Carex flacca	CAFLA	1	0.456	0.001	45	38	II		+					+				2	20.000
Cirsium rivulare	CISAL	7	0.300	0.001	56	48	III	+	1									2	20.000
Poa palustris	POPAL	10	0.100	0.252	1	1	r	+										1	10.000
Agrostis capillaris	AGCAP	5	0.044	0.8	2	2	r							+				1	10.000
Nardus stricta	NASTR	10	0.051	0.639	2	2	r							+				1	10.000
Stellaria graminea	STGRA	10	0.058	0.528	2	2	r		r									1	10.000
Hypericum maculatum s.str.	HYMAC	3	0.073	0.419	3	3	r		1									1	10.000
Melampyrum sylvaticum	MESIL	6	0.426	0.001	5	4	r							+				1	10.000
Dianthus superbus	DISUP	2	0.066	0.426	6	5	r		1									1	10.000
Eriophorum latifolium	ERLAT	8	0.051	0.675	6	5	r		+									1	10.000
Linum catharticum	LICAT	1	0.171	0.044	6	5	r				+							1	10.000
Poa pratensis	POPRA	5	0.241	0.01	9	8	+			+								1	10.000
Scirpus sylvaticus	SCSIL	7	0.914	0.001	10	9	+	1										1	10.000
Ajuga reptans	AJREP	1	0.089	0.382	11	9	+						+					1	10.000
Juncus inflexus	JUINF	5	0.209	0.024	11	9	+		1									1	10.000
Eriophorum angustifolium	ERANG	8	0.390	0.001	14	12	I			+								1	10.000
Leontodon hispidus s.str.	LEOHI	7	0.451	0.001	15	13	I									+		1	10.000
Betula pubescens	BEPUB	4	0.249	0.012	17	15	I							1				1	10.000
Carex acutiformis	CAACU	9	0.824	0.001	17	15	I		+									1	10.000
Carex flava	CARFL	2	0.122	0.214	17	15	I		+									1	10.000
Crepis paludosa	CRPAL	7	0.445	0.001	17	15	I		+									1	10.000
Salix repens	SAREP	4	0.391	0.002	19	16	I							+				1	10.000
Carex davalliana	CADAV	2	0.196	0.041	24	21	II		1									1	10.000
Trifolium pratense s.str.	TRPRA	5	0.454	0.001	26	22	II		r									1	10.000
Veratrum album s.str.	VERAL	7	0.536	0.001	26	22	II								r			1	10.000
Carex panicea	CAPAN	1	0.304	0.006	38	32	II							+				1	10.000
Trollius europaeus	TREUR	1	0.316	0.001	38	32	II		+									1	10.000
Molinia caerulea	MOCOE	6	0.291	0.001	56	48	III						+					1	10.000



		groupe	INDVAL	pvalue
Ajuga reptans	AJREP	1	0.089	0.382
***Alchemilla fissa* aggr.**	ALFIS	1	0.067	0.724
Anemone narcissiflora	ANNAR	1	0.133	0.147
Anthyllis vulneraria* subsp. *alpestris	ANTAL	1	0.187	0.030
Arenaria serpyllifolia	ARSER	1	0.067	0.720
Astrantia major	ASMAJ	1	0.181	0.048
Bartsia alpina	BAALP	1	0.174	0.051
Campanula rhomboidalis	CARHO	1	0.070	0.448
Cardamine udicola	CAUDI	1	0.050	0.836
Carex flacca	CAFLA	1	0.456	0.001
Carex hostiana	CAHOS	1	0.340	0.002
Carex montana	CAMON	1	0.629	0.001
Carex panicea	CAPAN	1	0.304	0.006
Carex sempervirens	CASEM	1	0.364	0.002
Carum carvi	CACAR	1	0.294	0.006
***Centaurea jacea* s.str.**	CEJAC	1	0.145	0.088
Cirsium acaule	CIACA	1	0.113	0.224
Cirsium tuberosum	CITUB	1	0.067	0.706
Colchicum autumnale	COAUT	1	0.179	0.094
Dactylorhiza fistulosa	ORLAT	1	0.412	0.001
Dactylorhiza incarnata	ORINC	1	0.143	0.064
***Gentiana campestris* s.str.**	GENCA	1	0.133	0.148
Gentiana lutea	GELUT	1	0.360	0.003
Gymnadenia conopsea	GYCON	1	0.277	0.005
Hippocrepis comosa	HICOM	1	0.267	0.009
Holcus lanatus	HOLAN	1	0.058	0.599
Hypochaeris maculata	HYPMA	1	0.037	0.833
Juncus filiformis	JUFIL	1	0.067	0.707
Leucanthemum adustum	CHADU	1	0.333	0.003
***Leucanthemum vulgare* aggr.**	CHPRA	1	0.057	0.585
Linum catharticum	LICAT	1	0.171	0.044
Listera ovata	LIOVA	1	0.055	0.615
Lotus corniculatus	LOCOR	1	0.437	0.001

		groupe	INDVAL	pvalue
Medicago lupulina	MELUP	1	0.126	0.188
Phyteuma orbiculare	PHORB	1	0.333	0.003
Pimpinella major	PIMAJ	1	0.154	0.068
Plantago lanceolata	PLLAN	1	0.106	0.154
Platanthera chlorantha	PLCHL	1	0.200	0.012
Polygala amarella	POAMA	1	0.133	0.111
***Primula veris* s.str.**	PRVER	1	0.123	0.164
Rhinanthus minor	RHMIN	1	0.122	0.121
Sanguisorba officinalis	SAOFF	1	0.257	0.001
***Serratula tinctoria* s.str.**	SETIN	1	0.867	0.001
Succisa pratensis	SUPRA	1	0.228	0.008
Thesium pyrenaicum	THPYR	1	0.142	0.080
***Thymus pulegioides* s.str.**	THPUL	1	0.067	0.712
Trifolium medium	TRMED	1	0.200	0.019
Trifolium montanum	TRMON	1	0.628	0.001
Trollius europaeus	TREUR	1	0.316	0.001
Valeriana dioica	VADIO	1	0.123	0.275
***Vicia cracca* s.str.**	VICRA	1	0.141	0.272
Allium schoenoprasum	ALSCH	2	0.056	1.000
Angelica sylvestris	ANSYL	2	0.122	0.215
Briza media	BRMED	2	0.211	0.026
***Bromus erectus* s.str.**	BRERE	2	0.165	0.073
Campanula rotundifolia	CAROT	2	0.160	0.059
Carex caryophyllea	CAVER	2	0.167	0.032
Carex davalliana	CADAV	2	0.196	0.041
Carex flava	CARFL	2	0.122	0.214
Carex umbrosa	CAUMB	2	0.076	0.359
Dianthus superbus	DISUP	2	0.066	0.426
Epipactis atrorubens	EPATR	2	0.056	1.000
Epipactis palustris	EPIPA	2	0.056	1.000
Equisetum fluviatile	EQLIM	2	0.111	0.214
Euphorbia verrucosa	EUVER	2	0.180	0.035
Euphrasia rostkoviana	EUROS	2	0.063	0.522

		groupe	INDVAL	pvalue
Frangula alnus	FRALN	2	0.056	1.000
Galium boreale	GABOR	2	0.302	0.006
Galium pumilum	GAPUM	2	0.081	0.349
***Galium verum* s.str.**	GAVER	2	0.056	1.000
Geum urbanum	GEURB	2	0.056	1.000
***Hieracium murorum* aggr.**	HIMUR	2	0.040	0.942
Iris sibirica	IRSIB	2	0.056	1.000
Koeleria pyramidata	KOPYR	2	0.167	0.037
Menyanthes trifoliata	METRI	2	0.069	0.508
Pedicularis palustris	PEDPA	2	0.088	0.327
***Ranunculus auricomus* aggr.**	RAAUR	2	0.056	1.000
***Ranunculus nemorosus* aggr.**	RANEM	2	0.084	0.321
Ranunculus polyanthemophyllus	RANPO	2	0.056	1.000
Salix myrsinifolia	SALNI	2	0.056	1.000
Scabiosa lucida	SCLUC	2	0.179	0.044
Sesleria caerulea	SECOE	2	0.121	0.110
Silaum silaus	SISEL	2	0.155	0.061
***Silene vulgaris* s.str.**	SIVUL	2	0.037	0.983
***Stachys officinalis* s.str.**	BEOFF	2	0.121	0.142
Swertia perennis	SWPER	2	0.171	0.052
Thalictrum aquilegiifolium	THAQU	2	0.056	1.000
Veronica officinalis	VEOFF	2	0.045	0.955
Viola hirta	VIHIR	2	0.056	1.000
Agropyron caninum	AGRCA	3	0.071	0.586
Caltha palustris	CALTP	3	0.253	0.006
Carex elata	CAELA	3	0.189	0.028
Carex lepidocarpa	CALEP	3	0.071	0.567
Carex paniculata	CAPAT	3	0.492	0.001
Chaerophyllum villarsii	CHVIL	3	0.133	0.098
Cruciata laevipes	CRLAE	3	0.147	0.094
Epilobium hirsutum	EPHIR	3	0.141	0.118
Filipendula ulmaria	FIULM	3	0.304	0.001
***Hypericum maculatum* s.str.**	HYMAC	3	0.073	0.419

		groupe	INDVAL	pvalue
Knautia arvensis	KNARV	3	0.061	0.570
Mentha spicata	MESPI	3	0.071	0.567
Myosotis sylvatica	MYOSY	3	0.071	0.536
Phyteuma spicatum	PHSPI	3	0.067	0.475
Polemonium caeruleum	POCOE	3	0.143	0.088
Valeriana officinalis	VALOF	3	0.100	0.473
Betula pubescens	BEPUB	4	0.249	0.012
Calamagrostis varia	CAVAR	4	0.156	0.052
Carex lasiocarpa	CALAS	4	0.156	0.072
Equisetum variegatum	EQVAR	4	0.194	0.020
Genista tinctoria	GETIN	4	0.134	0.095
Gentiana verna	GEVER	4	0.125	0.160
Parnassia palustris	PAPAL	4	0.269	0.009
Phragmites australis	PHCOM	4	0.400	0.001
Picea abies	PIEXC	4	0.073	0.482
Primula farinosa	PRFAR	4	0.137	0.111
Salix repens	SAREP	4	0.391	0.002
Schoenus ferrugineus	SCFER	4	0.972	0.001
Tofieldia calyculata	TOCAL	4	0.075	0.397
Achillea millefolium	ACMIL	5	0.035	0.939
Agropyron repens	AGREP	5	0.097	0.224
Agrostis capillaris	AGCAP	5	0.044	0.800
Agrostis stolonifera	AGSTO	5	0.371	0.001
***Alchemilla vulgaris* aggr.**	ALXAN	5	0.328	0.001
Alopecurus pratensis	ALPRA	5	0.456	0.001
Anthriscus sylvestris	CHSIL	5	0.107	0.181
Blysmus compressus	BLCOM	5	0.143	0.131
Cardamine pratensis	CAPRA	5	0.191	0.052
Carex hirta	CARHI	5	0.345	0.001
Carex leporina	CARLE	5	0.142	0.094
Carex pallescens	CARPA	5	0.072	0.404
Cerastium fontanum* subsp. *vulgare	CECAE	5	0.259	0.018
***Cirsium eriophorum* s.str.**	CIERE	5	0.071	0.559

		groupe	INDVAL	pvalue
Cirsium palustre	CIPAL	5	0.103	0.295
Clinopodium vulgare	SAVUL	5	0.037	0.781
Cynosurus cristatus	CYCRI	5	0.622	0.001
Dactylis glomerata	DAGLO	5	0.275	0.005
Epilobium obscurum	EPOBS	5	0.071	0.582
Epilobium roseum	EPROS	5	0.071	0.588
Erysimum cheiranthoides	ERYCH	5	0.071	0.569
***Festuca arundinacea* s.l.**	FEARU	5	0.143	0.116
***Festuca pratensis* s.str.**	FESPR	5	0.548	0.001
Galeopsis tetrahit	GATET	5	0.166	0.090
Glyceria notata	GLPLI	5	0.214	0.018
***Heracleum sphondylium* s.str.**	HESPH	5	0.094	0.295
Juncus alpinoarticulatus	JUALP	5	0.057	0.603
Juncus articulatus	JUART	5	0.207	0.022
Juncus compressus	JUNCP	5	0.071	0.574
Juncus effusus	JUEFF	5	0.141	0.096
Juncus inflexus	JUINF	5	0.209	0.024
Lathyrus pratensis	LAPRA	5	0.124	0.307
Lolium perenne	LOPER	5	0.071	0.595
Myosotis scorpioides	MYPAL	5	0.366	0.001
Phleum pratense	PHPRA	5	0.425	0.002
***Plantago major* s.str.**	PLMAJ	5	0.143	0.107
Plantago media	PLMED	5	0.071	0.580
Poa pratensis	POPRA	5	0.241	0.010
***Poa trivialis* s.str.**	POTRI	5	0.175	0.037
Prunella vulgaris	PRVUL	5	0.090	0.227
Ranunculus acris* subsp. *friesianus	RAFRI	5	0.361	0.001
Ranunculus repens	RAREP	5	0.391	0.002
Rhinanthus alectorolophus	RHALE	5	0.259	0.022
Rumex crispus	RUCRI	5	0.158	0.048
Silene flos-cuculi	SILFC	5	0.128	0.133
***Taraxacum officinale* aggr.**	TAOFF	5	0.429	0.001
***Trifolium pratense* s.str.**	TRPRA	5	0.454	0.001
***Trifolium repens* s.str.**	TRIRE	5	0.731	0.001
Trisetum flavescens	TRFLA	5	0.143	0.117
Urtica dioica	URDIO	5	0.173	0.067
Veronica beccabunga	VEBEC	5	0.314	0.005
Veronica chamaedrys	VECHA	5	0.309	0.006
Atropa bella-donna	ATBEL	6	0.167	0.106
Calluna vulgaris	CALVU	6	0.834	0.001
Carex echinata	CARST	6	0.190	0.033
Eriophorum vaginatum	ERVAG	6	0.872	0.001
Luzula campestris	LUCAM	6	0.167	0.098
Melampyrum pratense	MEPRA	6	0.167	0.090
Melampyrum sylvaticum	MESIL	6	0.426	0.001
Molinia caerulea	MOCOE	6	0.291	0.001
Pinus mugo subsp. uncinata	PIMON	6	0.305	0.005
Potentilla erecta	POERE	6	0.192	0.021
***Solidago virgaurea* s.str.**	SOVIR	6	0.158	0.080
Vaccinium myrtillus	VAMYR	6	0.333	0.004
Vaccinium oxycoccos	OXQUA	6	0.445	0.001
Vaccinium uliginosum	VACUL	6	0.833	0.001
Vaccinium vitis-idaea	VAVIT	6	0.167	0.099
Aconitum neomontanum	ACPYR	7	0.390	0.001
Athyrium filix-femina	ATFIL	7	0.200	0.042
Carex sylvatica	CASIL	7	0.600	0.001
Chaerophyllum hirsutum	CHCIC	7	0.789	0.001
Cirsium rivulare	CISAL	7	0.300	0.001
Crepis paludosa	CRPAL	7	0.445	0.001
Daphne laureola	DALAU	7	0.200	0.047
Epilobium parviflorum	EPPAR	7	0.207	0.024
Equisetum sylvaticum	EQSIL	7	0.600	0.001
Geranium sylvaticum	GESIL	7	0.466	0.001
Geum rivale	GERIV	7	0.280	0.005
***Leontodon hispidus* s.str.**	LEOHI	7	0.451	0.001
***Primula elatior* s.str.**	PRELA	7	0.536	0.001

		groupe	INDVAL	pvalue
Ranunculus aconitifolius	RAACO	7	0.203	0.027
Rubus idaeus	RUIDA	7	0.200	0.044
Scirpus sylvaticus	SCSIL	7	0.914	0.001
Silene dioica	SIDIO	7	0.553	0.001
***Veratrum album* s.l.**	VERAL	7	0.536	0.001
Andromeda polifolia	ANPOL	8	0.273	0.007
Carex acuta	CAGRA	8	0.032	0.897
Carex diandra	CADIA	8	0.182	0.022
Carex rostrata	CAROS	8	0.775	0.001
Centaurea montana	CEMON	8	0.042	0.824
Drosera intermedia	DRINT	8	0.091	0.365
Drosera rotundifolia	DRROT	8	0.182	0.028
Equisetum palustre	EQPAL	8	0.117	0.188
Eriophorum angustifolium	ERANG	8	0.390	0.001
Eriophorum latifolium	ERLAT	8	0.051	0.675
Galium elongatum	GAELO	8	0.091	0.332
Origanum vulgare	ORVUL	8	0.091	0.353
Pinguicula vulgaris	PIVUL	8	0.082	0.303
Potentilla palustris	COPAL	8	0.102	0.229
Rhynchospora alba	RHALB	8	0.273	0.009
Salix caprea	SACAP	8	0.091	0.333
Salix cinerea	SACIN	8	0.091	0.313
Salix pentandra	SAPEN	8	0.182	0.075
Trichophorum alpinum	TCHAL	8	0.091	0.351
Trichophorum cespitosum	TRCAE	8	0.306	0.005
Veronica scutellata	VESCU	8	0.091	0.323
Bromus sterilis	BRSTE	9	0.063	0.846
Calamagrostis canescens	CALAN	9	0.500	0.001
Carex acutiformis	CAACU	9	0.824	0.001
Cirsium oleraceum	CIOLE	9	0.203	0.041
Galium aparine	GAAPA	9	0.109	0.187
Galium mollugo	GAMOL	9	0.202	0.026
Hierochloe odorata	HIODO	9	0.086	0.279

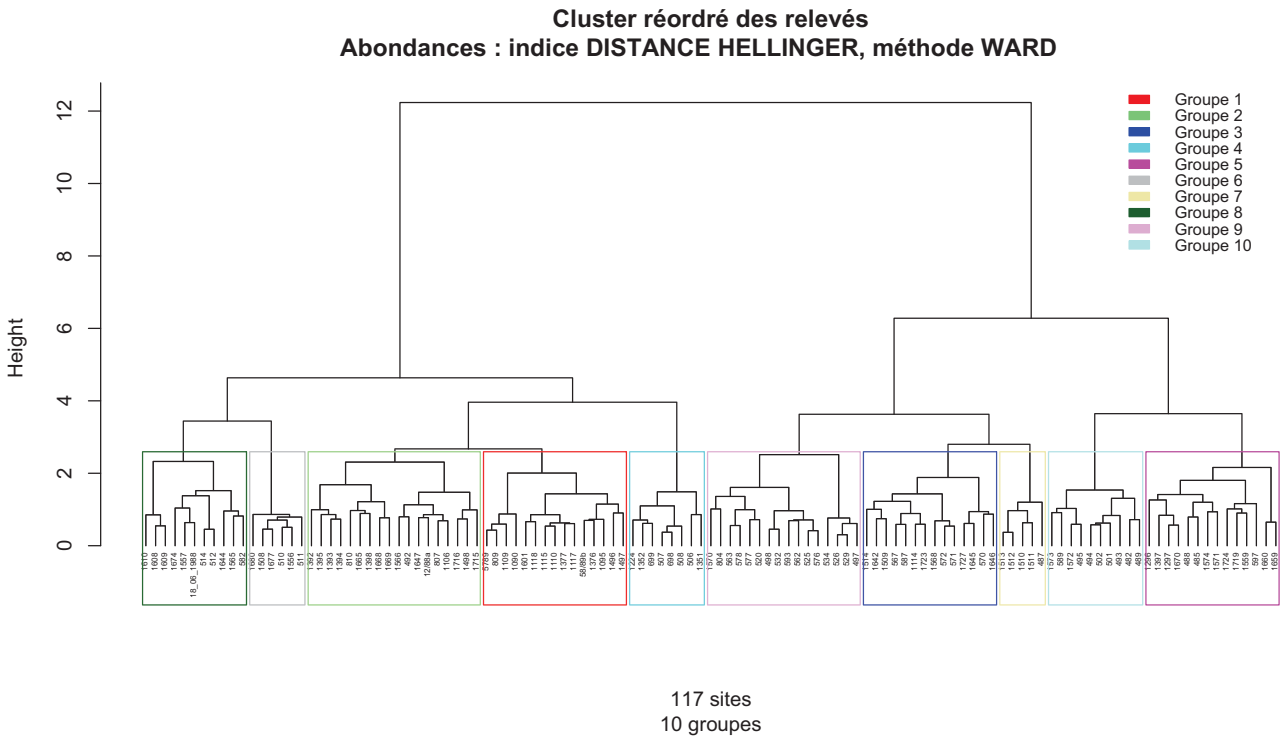
		groupe	INDVAL	pvalue
Lolium multiflorum	LOMUL	9	0.063	0.848
Phalaris arundinacea	TYARU	9	0.564	0.001
Salix triandra	SATRI	9	0.063	0.833
Scutellaria galericulata	SCGAL	9	0.045	0.858
***Aconitum napellus* aggr.**	ACCOM	10	0.086	0.395
Agrostis canina	AGCAN	10	0.183	0.043
***Alchemilla glabra* aggr.**	ALGLA	10	0.154	0.049
Anthoxanthum odoratum	ANODO	10	0.240	0.009
Carex nigra	CANIG	10	0.326	0.002
Crepis mollis	CRMOL	10	0.154	0.077
Deschampsia cespitosa	DECAE	10	0.320	0.001
Epilobium palustre	EPPAL	10	0.365	0.003
Festuca ovina	FEOVI	10	0.265	0.009
Festuca rubra	FESRU	10	0.274	0.002
Galium palustre	GAPAL	10	0.090	0.314
Galium uliginosum	GAULI	10	0.270	0.004
Helictotrichon pratense	HEPRA	10	0.142	0.108
Helictotrichon pubescens	HEPUB	10	0.168	0.046
Luzula multiflora	LUMUL	10	0.322	0.001
Nardus stricta	NASTR	10	0.051	0.639
Poa palustris	POPAL	10	0.100	0.252
Polygonum bistorta	POBIS	10	0.365	0.001
Rumex acetosa	RUACE	10	0.569	0.001
Stellaria graminea	STGRA	10	0.058	0.528
Viola palustris	VIPAL	10	0.575	0.001

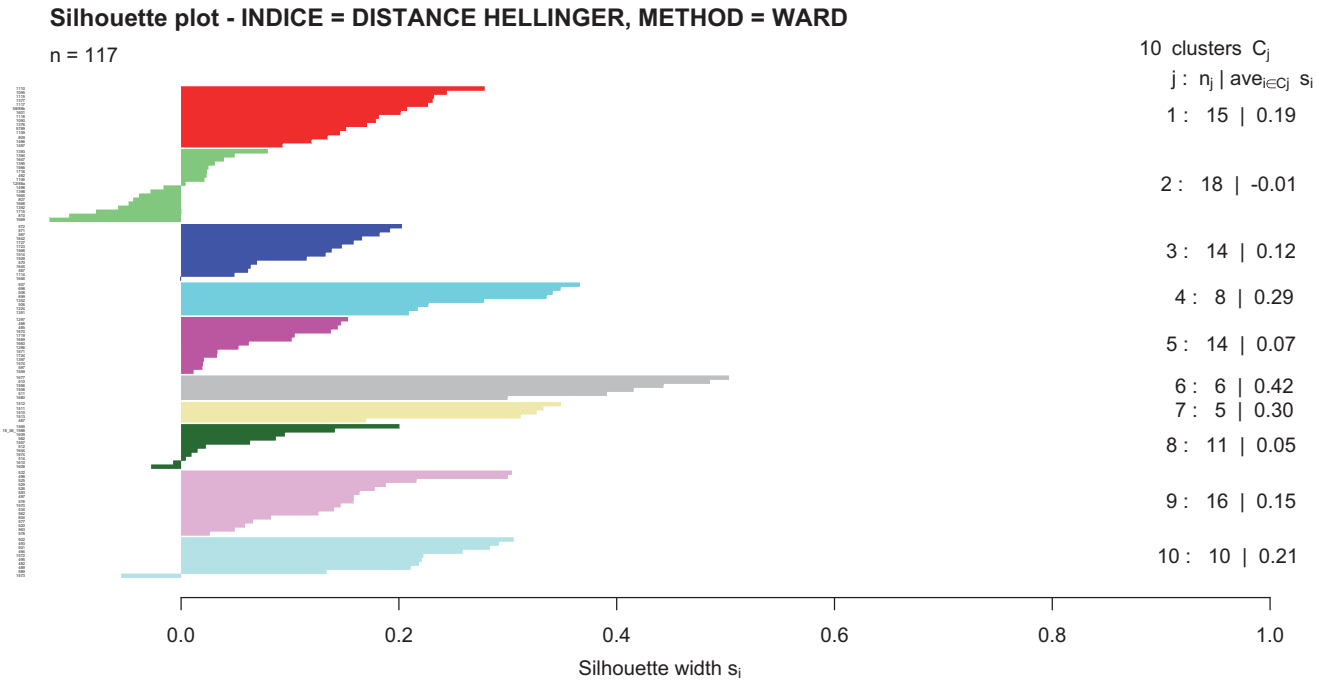
									VALEURS DE LANDOLT								
Releves	Lieu	Nombre espèces	SH	SHN1	SIMP	PIEL	SHev	SIMPev	T	K	L	F	W	R	N	H	D
482	Burtignière	21	2.247	9.460	6.598	0.738	0.450	0.314	3.027	2.964	3.491	3.623	2.018	2.527	2.659	4.329	1.563
485	Burtignière	34	2.865	17.547	12.588	0.812	0.516	0.370	3.114	2.905	3.624	3.095	1.654	3.247	3.431	3.163	1.705
487	Burtignière	12	1.134	3.109	1.816	0.456	0.259	0.151	3.041	2.269	3.053	4.343	2.902	3.078	3.208	3.318	1.049
488	Burtignière	37	2.859	17.436	11.869	0.792	0.471	0.321	3.257	3.091	3.610	3.454	2.336	3.029	3.514	3.491	1.270
489	Burtignière	22	2.324	10.213	6.790	0.752	0.464	0.309	3.020	2.973	3.335	3.801	2.394	2.756	3.167	4.511	1.425
492	Burtignière	36	2.488	12.035	7.035	0.694	0.334	0.195	2.940	2.709	3.481	4.228	2.589	3.175	2.597	4.659	1.008
493	Burtignière	26	2.323	10.202	6.128	0.713	0.392	0.236	2.862	2.973	3.348	3.691	2.291	2.625	3.195	4.465	1.354
494	Burtignière	17	1.861	6.430	4.986	0.657	0.378	0.293	2.884	3.000	3.396	3.743	2.642	2.533	3.024	4.896	1.075
495	Burtignière	36	2.828	16.915	12.505	0.789	0.470	0.347	2.962	2.924	3.263	3.675	2.655	2.638	2.807	4.789	1.082
497	Burtignière	17	1.600	4.953	3.149	0.565	0.291	0.185	3.403	3.425	3.244	4.330	2.973	3.095	3.321	4.774	1.009
498	Burtignière	8	1.404	4.070	3.430	0.675	0.509	0.429	3.314	3.258	3.050	4.211	2.994	3.289	3.698	4.824	1.000
501	Burtignière	20	2.064	7.875	5.762	0.689	0.394	0.288	2.906	2.959	3.165	3.725	2.638	2.514	2.670	4.257	1.174
502	Burtignière	19	1.622	5.065	3.178	0.551	0.267	0.167	2.755	3.005	3.104	3.671	2.333	2.766	3.342	4.549	1.045
506	Le Sentier	12	1.671	5.320	4.281	0.673	0.443	0.357	3.274	2.700	3.871	4.529	2.776	3.024	2.457	4.943	1.000
507	Le Sentier	12	1.510	4.528	3.194	0.608	0.377	0.266	3.299	2.949	3.825	4.150	2.489	3.438	2.197	4.825	1.000
508	Le Sentier	11	1.469	4.345	3.266	0.613	0.395	0.297	3.282	2.859	3.908	4.292	2.493	3.437	2.197	4.873	1.014
510	Burtignière	12	1.741	5.701	3.749	0.700	0.475	0.312	2.826	2.913	3.775	3.975	2.812	2.174	1.841	4.986	1.101
511	Burtignière	10	1.770	5.868	4.313	0.769	0.587	0.431	2.738	2.951	3.852	3.992	2.852	1.852	1.574	4.902	1.098
512	Burtignière	35	2.704	14.936	10.208	0.760	0.427	0.292	2.934	2.953	3.532	4.081	2.753	2.953	2.632	4.768	1.063
514	Burtignière	34	2.556	12.886	9.222	0.725	0.379	0.271	2.894	2.935	3.630	4.199	2.805	2.639	2.454	4.851	1.009
520	Burtignière	19	2.182	8.865	5.909	0.741	0.467	0.311	3.321	2.995	3.155	3.864	2.808	3.150	3.588	4.465	1.000
525	Burtignière	8	1.123	3.074	2.514	0.540	0.384	0.314	3.302	3.000	3.198	4.089	2.965	3.426	4.000	4.584	1.000
526	Burtignière	9	1.174	3.236	2.371	0.535	0.360	0.263	3.257	3.497	3.005	4.278	2.963	3.011	3.360	4.926	1.000
529	Burtignière	7	1.023	2.781	2.059	0.526	0.397	0.294	3.362	3.649	3.034	4.290	2.960	3.034	3.305	4.851	1.000
532	Burtignière	11	1.702	5.487	4.627	0.710	0.499	0.421	3.350	3.067	3.108	4.152	2.887	3.320	3.784	4.567	1.000
534	Burtignière	19	1.806	6.084	4.407	0.613	0.320	0.232	3.150	3.276	3.062	4.119	2.681	3.095	3.676	4.809	1.000
562	Burtignière	3	0.475	1.608	1.424	0.432	0.536	0.475	3.091	3.000	3.000	4.091	3.000	3.182	4.000	5.000	1.000
563	Burtignière	23	2.020	7.536	4.852	0.644	0.328	0.211	3.058	2.935	3.164	3.940	2.873	3.243	3.603	4.575	1.062
567	Burtignière	8	1.122	3.072	2.468	0.540	0.384	0.308	2.990	2.692	3.322	4.399	2.865	3.303	3.889	4.981	1.000
570	Burtignière	36	2.846	17.227	13.257	0.794	0.479	0.368	3.010	3.023	3.491	3.925	2.738	3.104	3.471	4.758	1.075
571	Burtignière	19	2.149	8.573	6.803	0.730	0.451	0.358	3.177	2.728	3.469	4.279	2.762	3.136	3.599	4.946	1.000
572	Burtignière	9	1.563	4.773	4.014	0.711	0.530	0.446	3.135	2.650	3.355	4.549	2.700	3.054	3.438	5.000	1.000
576	Burtignière	5	0.919	2.508	2.247	0.571	0.502	0.449	3.496	3.000	3.471	4.015	2.993	3.515	4.000	4.029	1.000

									VALEURS DE LANDOLT								
Releves	Lieu	Nombre espèces	SH	SHN1	SIMP	PIEL	SHev	SIMPev	T	K	L	F	W	R	N	H	D
577	Burtignière	14	1.995	7.349	5.670	0.756	0.525	0.405	3.308	2.954	3.123	4.289	2.857	3.468	3.656	4.818	1.000
578	Burtignière	25	1.897	6.664	3.335	0.589	0.267	0.133	3.101	2.963	3.083	3.979	2.857	3.129	3.820	4.622	1.193
582	Burtignière	33	2.118	8.318	4.090	0.606	0.252	0.124	3.028	3.041	3.654	4.459	2.890	2.598	2.565	4.675	1.008
587	Burtignière	9	1.189	3.284	2.124	0.541	0.365	0.236	3.026	2.808	3.148	4.092	2.956	3.173	3.900	4.675	1.044
589	Burtignière	50	3.253	25.859	20.448	0.831	0.517	0.409	2.979	3.073	3.327	3.583	2.467	3.086	3.029	4.181	1.216
593	Burtignière	11	1.439	4.217	2.736	0.600	0.383	0.249	3.197	2.929	3.101	3.884	2.838	3.131	4.101	4.273	1.061
597	Burtignière	33	2.570	13.070	8.388	0.735	0.396	0.254	3.387	2.747	3.158	3.593	2.411	3.356	3.751	3.388	1.158
698	Le Sentier	9	1.107	3.024	2.325	0.504	0.336	0.258	3.285	3.000	3.900	4.210	2.400	3.570	2.060	4.940	1.000
699	Le Sentier	18	1.968	7.158	4.581	0.681	0.398	0.254	3.231	2.994	3.753	4.085	2.456	3.513	2.228	4.873	1.000
804	ChapelledesBois	8	1.544	4.681	3.727	0.742	0.585	0.466	3.574	3.074	3.170	4.318	3.000	3.259	3.830	4.155	1.000
807	ChapelledesBois	16	2.042	7.706	5.840	0.736	0.482	0.365	3.149	3.110	3.736	3.788	2.702	3.327	2.308	4.971	1.212
809	ChapelledesBois	29	2.321	10.190	6.438	0.689	0.351	0.222	2.977	2.777	3.708	3.942	2.899	3.615	2.293	4.800	1.061
810	ChapelledesBois	34	2.761	15.818	12.164	0.783	0.465	0.358	2.969	3.170	3.428	3.228	2.319	3.431	2.688	3.956	1.399
1090	ChapelledesBois	35	2.711	15.044	9.271	0.762	0.430	0.265	3.077	2.959	3.755	3.459	2.591	3.602	2.368	4.244	1.347
1095	ChapelledesBois	40	2.785	16.192	11.308	0.755	0.405	0.283	3.025	3.050	3.667	3.597	2.767	3.415	2.635	4.584	1.214
1106	ChapelledesBois	28	2.234	9.335	5.342	0.670	0.333	0.191	2.946	3.042	3.790	4.012	2.569	3.640	2.264	4.664	1.012
1109	ChapelledesBois	30	2.448	11.567	7.654	0.720	0.386	0.255	3.025	2.853	3.637	3.652	2.608	3.608	2.412	4.470	1.216
1110	ChapelledesBois	21	2.210	9.119	7.301	0.726	0.434	0.348	3.116	3.326	3.637	3.408	2.800	3.568	2.405	4.463	1.295
1114	ChapelledesBois	13	0.877	2.403	1.552	0.342	0.185	0.119	2.973	3.022	3.066	3.945	2.814	2.969	3.912	4.903	1.062
1115	ChapelledesBois	30	2.449	11.574	8.104	0.720	0.386	0.270	3.124	3.248	3.755	3.437	2.758	3.327	2.639	4.563	1.216
1117	ChapelledesBois	16	1.985	7.282	5.174	0.716	0.455	0.323	3.007	3.284	3.807	3.678	2.915	3.363	2.365	4.708	1.041
1118	ChapelledesBois	30	2.461	11.716	8.615	0.724	0.391	0.287	3.053	3.428	3.519	3.319	2.567	3.586	2.342	4.394	1.366
1224	Le Sentier	25	2.473	11.863	7.322	0.768	0.475	0.293	3.053	3.167	3.741	3.500	2.515	3.742	2.182	4.182	1.424
1296	Le Sentier	26	2.449	11.582	7.770	0.752	0.445	0.299	3.474	3.232	3.434	3.156	2.184	2.697	2.811	4.184	1.930
1297	Le Sentier	29	2.776	16.047	12.565	0.824	0.553	0.433	3.169	2.813	3.619	3.428	1.781	3.075	3.375	3.525	1.500
1351	Le Sentier	21	2.120	8.334	5.759	0.696	0.397	0.274	3.181	2.906	3.825	4.376	2.457	3.590	2.282	4.812	1.000
1352	Le Sentier	28	2.378	10.788	6.146	0.714	0.385	0.219	3.258	3.034	3.584	3.767	2.618	3.602	2.348	4.542	1.017
1376	ChapelledesBois	43	2.807	16.563	7.637	0.746	0.385	0.178	3.053	3.041	3.459	3.459	2.606	3.549	2.681	4.459	1.295
1377	ChapelledesBois	29	2.313	10.103	7.322	0.687	0.348	0.252	2.885	3.269	3.660	3.344	2.648	3.399	2.368	4.193	1.269
1392	Le Sentier	25	2.224	9.241	5.179	0.691	0.370	0.207	3.146	3.171	3.232	3.558	2.780	3.110	3.067	4.341	1.244
1393	Le Sentier	16	1.762	5.825	4.206	0.636	0.364	0.263	3.079	3.277	3.288	3.636	2.904	3.254	2.514	4.017	1.102
1394	Le Sentier	20	2.246	9.452	6.647	0.750	0.473	0.332	2.957	3.326	3.560	3.337	2.695	3.234	2.277	4.220	1.766
1395	Le Sentier	26	2.337	10.354	7.183	0.717	0.398	0.276	3.097	3.000	3.271	3.641	2.890	3.276	2.624	4.072	1.011

									VALEURS DE LANDOLT								
Releves	Lieu	Nombre espèces	SH	SHN1	SIMP	PIEL	SHev	SIMPev	T	K	L	F	W	R	N	H	D
1397	Le Sentier	24	2.542	12.705	9.522	0.800	0.529	0.397	3.023	3.009	3.493	3.885	2.100	3.005	3.394	4.258	1.254
1398	Le Sentier	33	2.606	13.545	8.262	0.745	0.410	0.250	3.003	3.231	3.670	3.154	2.368	3.379	2.472	4.110	1.692
1496	ChapelledesBois	28	2.390	10.909	7.241	0.717	0.390	0.259	2.686	3.000	3.789	3.691	2.503	3.412	2.668	4.246	1.422
1497	ChapelledesBois	41	3.001	20.111	15.231	0.808	0.491	0.371	2.980	2.982	3.645	3.582	2.532	3.168	2.691	4.036	1.254
1498	ChapelledesBois	28	2.072	7.944	3.972	0.622	0.284	0.142	2.971	2.978	3.686	4.215	2.715	3.000	2.431	4.883	1.015
1508	Burtignière	18	2.113	8.270	6.432	0.731	0.459	0.357	2.784	2.767	3.480	3.565	2.856	1.808	1.925	4.986	1.178
1509	Burtignière	26	2.554	12.858	8.880	0.784	0.495	0.342	3.127	2.843	3.277	4.084	2.768	3.330	3.850	4.236	1.097
1510	Burtignière	20	2.404	11.068	7.505	0.802	0.553	0.375	2.939	2.616	3.172	4.120	2.710	3.076	3.431	4.044	1.110
1511	Burtignière	20	2.383	10.834	8.779	0.795	0.542	0.439	2.854	2.516	2.964	3.943	2.528	3.066	3.713	3.896	1.114
1512	Burtignière	22	2.438	11.447	8.411	0.789	0.520	0.382	3.040	2.723	3.090	3.820	2.532	3.349	3.593	3.971	1.230
1513	Burtignière	24	2.394	10.959	8.098	0.753	0.457	0.337	3.053	2.728	2.923	3.844	2.523	3.207	3.666	4.046	1.328
1514	Burtignière	40	2.828	16.912	10.548	0.767	0.423	0.264	3.023	2.772	3.589	4.038	2.580	3.186	3.414	4.296	1.158
1556	Burtignière	15	1.983	7.262	5.444	0.732	0.484	0.363	2.901	2.683	3.484	3.671	2.706	1.968	1.968	4.984	1.095
1557	Burtignière	31	2.715	15.105	10.115	0.791	0.487	0.326	2.988	3.016	3.639	4.139	2.721	3.066	2.418	4.902	1.049
1559	Burtignière	38	2.976	19.616	12.991	0.818	0.516	0.342	3.208	2.930	3.382	3.606	2.655	3.320	3.618	3.602	1.195
1565	Burtignière	8	0.333	1.395	1.136	0.160	0.174	0.142	3.003	2.995	3.953	4.943	2.958	2.052	2.063	4.979	1.000
1566	Burtignière	38	2.985	19.788	14.438	0.821	0.521	0.380	2.995	2.869	3.646	4.141	2.738	3.411	2.468	4.490	1.030
1568	Le Sentier	15	1.676	5.343	3.202	0.619	0.356	0.213	3.136	2.814	3.244	4.287	2.824	3.005	3.575	4.765	1.000
1570	Burtignière	3	0.035	1.036	1.011	0.032	0.345	0.337	3.497	2.994	3.000	4.500	3.000	3.994	3.994	4.989	1.000
1571	Burtignière	33	2.482	11.963	7.047	0.710	0.363	0.214	3.182	2.923	3.168	3.661	2.554	2.868	3.386	3.254	1.236
1572	Burtignière	27	2.595	13.399	9.728	0.787	0.496	0.360	2.931	2.980	3.324	3.855	2.775	2.654	3.016	4.843	1.052
1573	Burtignière	18	1.926	6.865	4.596	0.667	0.381	0.255	2.864	2.917	3.100	3.922	2.754	2.953	3.934	4.734	1.007
1574	Burtignière	36	2.842	17.146	11.520	0.793	0.476	0.320	3.096	2.843	3.358	3.473	2.289	2.686	3.431	3.745	1.206
1601	ChapelledesBois	39	2.760	15.805	10.751	0.753	0.405	0.276	2.971	3.333	3.588	3.179	2.436	3.529	2.373	4.196	1.363
1608	ChapelledesBois	14	1.556	4.739	2.978	0.590	0.339	0.213	2.678	2.932	3.889	4.250	2.940	1.552	1.399	4.983	1.000
1609	ChapelledesBois	19	2.314	10.117	6.861	0.786	0.532	0.361	2.724	2.860	3.875	4.335	2.890	1.801	1.625	5.000	1.000
1610	ChapelledesBois	7	1.265	3.541	2.711	0.650	0.506	0.387	2.647	2.640	3.920	4.387	2.987	1.293	1.107	5.000	1.000
1642	Burtignière	34	2.469	11.815	7.288	0.700	0.347	0.214	3.122	2.782	3.541	4.046	2.507	3.389	3.782	4.284	1.437
1644	Burtignière	16	1.753	5.770	3.940	0.632	0.361	0.246	2.960	2.968	3.812	4.575	2.887	2.430	2.462	4.624	1.011
1645	Burtignière	22	2.072	7.938	5.014	0.670	0.361	0.228	2.768	2.952	3.429	3.963	2.683	2.959	3.340	4.752	1.038
1646	Burtignière	32	2.596	13.412	9.052	0.749	0.419	0.283	2.719	2.849	3.310	3.865	2.643	3.063	3.533	4.479	1.068
1647	Burtignière	44	2.784	16.179	9.288	0.736	0.368	0.211	2.971	2.896	3.628	4.002	2.605	3.317	2.453	4.696	1.045
1659	Le Sentier	14	1.510	4.526	2.878	0.572	0.323	0.206	3.318	3.029	3.641	3.347	1.909	2.976	4.172	3.115	1.067

									VALEURS DE LANDOLT								
Releves	**Lieu**	**Nombre espèces**	**SH**	**SHN1**	**SIMP**	**PIEL**	**SHev**	**SIMPev**	**T**	**K**	**L**	**F**	**W**	**R**	**N**	**H**	**D**
1660	Le Sentier	15	1.530	4.619	2.956	0.565	0.308	0.197	3.094	3.028	3.184	3.212	1.656	3.033	4.618	3.047	1.123
1665	Le Sentier	30	2.733	15.381	10.126	0.804	0.513	0.338	3.183	3.109	3.589	3.240	2.660	3.411	2.298	3.989	1.513
1668	Le Sentier	38	2.726	15.272	8.658	0.749	0.402	0.228	3.083	3.178	3.452	3.128	2.639	3.635	2.665	4.026	1.209
1669	Le Sentier	33	2.569	13.057	7.193	0.735	0.396	0.218	3.077	3.228	3.515	3.198	2.639	3.693	2.406	4.208	1.426
1670	Le Sentier	31	2.773	16.011	10.660	0.808	0.516	0.344	3.148	2.677	3.731	3.220	1.828	3.151	3.392	3.301	1.463
1674	Burtignière	27	2.375	10.751	6.275	0.721	0.398	0.232	2.819	3.081	3.618	3.869	2.946	2.759	2.154	4.812	1.027
1677	Burtignière	13	1.715	5.556	4.361	0.669	0.427	0.335	2.783	2.825	3.675	3.797	2.906	1.792	1.689	5.000	1.113
1680	Burtignière	35	2.314	10.115	5.578	0.651	0.289	0.159	2.966	2.914	3.491	3.777	2.708	2.475	2.138	4.965	1.263
1715	Burtignière	34	2.327	10.244	5.739	0.660	0.301	0.169	2.976	2.932	3.540	3.629	2.579	2.833	2.508	4.479	1.103
1716	Burtignière	30	1.736	5.674	2.862	0.510	0.189	0.095	2.922	2.870	3.765	3.975	2.835	3.120	2.310	4.810	1.130
1719	Burtignière	42	3.005	20.184	14.211	0.804	0.481	0.338	3.109	2.929	3.549	3.850	2.522	3.082	3.451	3.630	1.163
1723	Burtignière	16	1.474	4.365	2.732	0.532	0.273	0.171	3.055	3.181	3.262	4.067	2.825	3.056	3.688	4.875	1.000
1724	Burtignière	46	2.986	19.810	12.394	0.780	0.431	0.269	2.986	2.898	3.372	4.207	2.686	3.336	3.409	3.817	1.044
1727	Burtignière	14	1.484	4.412	3.394	0.562	0.315	0.242	2.841	2.980	3.263	4.168	2.765	3.004	3.557	4.937	1.000
5789	ChapelledesBois	26	2.425	11.305	6.803	0.744	0.435	0.262	2.960	2.738	3.825	3.908	2.785	3.595	2.270	4.650	1.190
12/88a	ChapelledesBois	15	2.090	8.088	6.526	0.772	0.539	0.435	2.907	2.921	3.781	4.023	2.798	3.483	2.202	4.760	1.008
18_06_1988	Burtignière	22	1.896	6.662	3.794	0.614	0.303	0.172	2.967	3.014	3.804	4.395	2.797	2.812	2.145	4.928	1.014
58/89b	ChapelledesBois	41	2.545	12.748	7.004	0.685	0.311	0.171	3.165	3.262	3.738	3.466	2.658	3.439	2.408	4.536	1.207


Cluster réordré des relevés
Abondances : indice DISTANCE HELLINGER, méthode WARD
Height
0
2
4
6
8
10
12
Groupe 1
Groupe 2
Groupe 3
Groupe 4
Groupe 5
Groupe 6
Groupe 7
Groupe 8
Groupe 9
Groupe 10
117 sites
10 groupes



Average silhouette width : 0.14

		Coordonnées					VEGETATION (alliance, association, sous-association, variante, forme) selon synsystème de Gallandat (1982)						
Releves	**Lieu**	**X**	**Y**	**Altitude**	**Exposition**	**Pente**	**Alliance**	**Association**	**Sous-association**	**variante ou faciès**	**forme**	**impact humain**	**groupes**
809	ChapelledesBois	497172	159481	1091	138	3	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	fauché	1
1090	ChapelledesBois	497277	159810	1093	226	5	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	fauché	1
1095	ChapelledesBois	496144	158872	1105	114	0	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	fauché	1
1109	ChapelledesBois	497242	159570	1101	136	3	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	fauché	1
1110	ChapelledesBois	496957	159254	1091	170	1	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	aucune	1
1115	ChapelledesBois	496770	159094	1092	200	1	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	aucune	1
1117	ChapelledesBois	496826	159168	1092	144	1	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	aucune	1
1118	ChapelledesBois	496813	159149	1098	160	2	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	aucune	1
1376	ChapelledesBois	496692	159347	1104	90	1	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	fauché	1
1377	ChapelledesBois	496848	159462	1104	98	3	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	aucune	1
1496	ChapelledesBois	496612	158922	1092	130	1	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	aucune	1
1497	ChapelledesBois	496566	158250	1102	288	2	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	fauché	1
1601	ChapelledesBois	496346	159046	1099	118	2	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	aucune	1
5789	ChapelledesBois	497266	159614	1097	84	2	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	fauché	1
58 89b	ChapelledesBois	496728	159339	1100	108	3	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	fauché	1
492	Burtigniere	502264	157311	1035	210	0	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Carex davalliana*	-	pas fauché en 2012 fauché en 2013 puis pature 1 fois an	2
807	ChapelledesBois	495929	158441	1098	0	1	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*	-	-	-	aucune	2
810	ChapelledesBois	497180	159666	1098	14	2	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	pas fauché mais fauché autour	2
1106	ChapelledesBois	497235	159506	1096	320	0	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante typique	-	aucune	2
1392	leSentier	508450	162707	1007	340	2	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*	-	aucune (fauché en septembre 2012)	2
1393	leSentier	508463	162636	1004	340	1	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*	-	aucune (fauché en septembre 2012)	2
1394	leSentier	508415	162681	1011	340	3	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*	-	aucune (fauché en septembre 2012)	2
1395	leSentier	508551	162770	1008	320	0	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*	-	aucune	2
1398	leSentier	509113	163216	1008	20	1	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*	-	aucune	2

		Coordonnées					VEGETATION (alliance, association, sous-association, variante, forme) selon synsystème de Gallandat (1982)						
Releves	**Lieu**	**X**	**Y**	**Altitude**	**Exposition**	**Pente**	**Alliance**	**Association**	**Sous-association**	**variante ou faciès**	**forme**	**impact humain**	**groupes**
1498	ChapelledesBois	496660	158335	1110	318	1	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*	-	-	-	aucune	2
1566	Burtignière	503184	158013	1034	86	2	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante à *Trichophorum cespitosum*	forme à *Menyanthes trifoliata*	pâture	2
1647	Burtignière	501166	156448	1052	160	2	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae caricetosum flaccae*	variante à *Swertia perennis*	-	aucune	2
1665	Le Sentier	508873	163131	1005	148	4	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*	-	aucune	2
1668	Le Sentier	509479	163460	1005	20	0	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*	-	aucune	2
1669	Le Sentier	509480	163451	1007	10	1	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*	-	aucune	2
1715	Burtignière	502294	156844	1050	140	0	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*	-	aucune	2
1716	Burtignière	502083	156954	1038	100	0	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*	-	-	-	aucune	2
12 88a	ChapelledesBois	496738	159245	1098	114	1	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*	-	-	-	aucune	2
567	Burtignière	502658	157226	1041	300	1	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique	-	aucune	3
570	Burtignière	502016	156952	1036	58	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*	-	aucune	3
571	Burtignière	502015	156975	1032	245	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique	-	aucune	3
572	Burtignière	502031	156977	1032	246	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique	-	aucune	3
587	Burtignière	501661	156616	1040	188	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique	-	aucune	3
1114	ChapelledesBois	496106	158181	1089	354	5	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*	-	aucune	3
1509	Burtignière	501321	156163	1041	100	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique	-	aucune	3
1514	Burtignière	501784	157140	1058	110	5	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*	-	pâture	3
1568	Le Sentier	509197	162962	1007	174	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante à *Phragmites australis*	-	aucune	3
1642	Burtignière	501415	156306	1041	188	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum polemonietosum*	variante à *Carex elata*	-	aucune	3
1645	Burtignière	501056	156426	1045	330	10	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*	-	aucune	3
1646	Burtignière	501115	156456	1049	220	5	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*	-	aucune	3
1723	Burtignière	502043	156523	1042	300	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*	-	aucune	3
1727	Burtignière	501923	156984	1040	332	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*	-	aucune	3
506	Le Sentier	509063	163058	1004	170	0	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*	-	aucune	4

		Coordonnées					VEGETATION (alliance, association, sous-association, variante, forme) selon synsystème de Gallandat (1982)						
Releves	**Lieu**	**X**	**Y**	**Altitude**	**Exposition**	**Pente**	**Alliance**	**Association**	**Sous-association**	**variante ou faciès**	**forme**	**impact humain**	**groupes**
507	Le Sentier	508956	163016	1000	30	0	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante typique	-	aucune	4
508	Le Sentier	509016	163026	998	136	0	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*	-	aucune	4
698	Le Sentier	508396	162724	1004	350	0	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*	-	aucune	4
699	Le Sentier	508499	162812	1007	5	2	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*	-	aucune	4
1224	Le Sentier	509008	163323	1005	350	3	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum equisetosum variegati*	-	-	aucune	4
1351	Le Sentier	509087	163097	1003	0	0	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*	-	aucune	4
1352	Le Sentier	509070	163122	1003	200	0	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*	-	aucune	4
485	Burtignière	502190	157278	1039	130	1	*Calthion*	Groupement à *Juncus inflexus*		-	-	pâture	5
488	Burtignière	502299	157431	1037	138	1	*Calthion*	Groupement à *Juncus inflexus*		-	-	pâture	5
597	Burtignière	502651	157816	1038	144	12	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*	-	aucune	5
1296	Le Sentier	508334	162703	1004	320	0	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante à *Veratrum album*	-	fauché	5
1297	Le Sentier	508320	162685	1006	-	1	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante à *Veratrum album*	-	fauché	5
1397	Le Sentier	509183	162919	1010	290	0	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante à *Veratrum album*	-	fauché	5
1559	Burtignière	502814	157961	1039	135	10	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*	-	pâture	5
1571	Burtignière	502888	157312	1039	320	1	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*	-	pâture	5
1574	Burtignière	503238	157588	1048	322	1	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*	-	pâture	5
1659	Le Sentier	508904	162760	1007	140	0	*Alliarion*	Groupement à *Galeopsis tetrahit* et à graminées	-	-	-	aucune	5
1660	Le Sentier	508926	162778	1005	140	0	*Alliarion*	Groupement à *Galeopsis tetrahit* et à graminées	-	-	-	aucune	5
1670	Le Sentier	509496	163441	1008	290	0	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante à *Veratrum album*	-	fauché 1 fois puis pâture	5
1719	Burtignière	503132	157568	1044	330	2	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*	-	pâture	5
1724	Burtignière	502039	156557	1043	314	1	*Calthion*	Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpino-articulatus*	-	-	-	pâture	5
510	Burtignière	502958	157743	1031	50	2	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccos*	aucune	6
511	Burtignière	502949	157737	1037	48	2	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccos*	aucune	6
1508	Burtignière	503152	157349	1047	140	0	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme sèche	aucune	6
1556	Burtignière	502834	157708	1036	190	0	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccos*	aucune	6
1677	Burtignière	501746	156852	1043	110	0	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccos*	aucune	6

		Coordonnées					VEGETATION (alliance, association, sous-association, variante, forme) selon synsystème de Gallandat (1982)						
Releves	**Lieu**	**X**	**Y**	**Altitude**	**Exposition**	**Pente**	**Alliance**	**Association**	**Sous-association**	**variante ou faciès**	**forme**	**impact humain**	**groupes**
1680	Burtignière	502419	157147	1038	50	5	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	*forme sèche*	aucune	6
487	Burtignière	502340	157477	1032	126	1	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*	-	pâture	7
1510	Burtignière	501493	156890	1106	316	2	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*	-	variante à *Cirsium oleraceum*	-	aucune	7
1511	Burtignière	501491	156876	1106	324	2	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*	-	variante à *Cirsium oleraceum*	-	aucune	7
1512	Burtignière	501525	156941	1120	286	2	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*	-	variante typique	-	aucune	7
1513	Burtignière	501532	156943	1117	292	2	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*	-	variante typique	-	aucune	7
512	Burtignière	503048	157307	1044	150	0	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae comaretosum*	variante à *Carex diandra*	-	aucune	8
514	Burtignière	503039	157307	1052	152	2	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae comaretosum*	variante à *Carex diandra*	-	aucune	8
582	Burtignière	502120	156655	1041	320	10	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*	-	aucune	8
1557	Burtignière	502726	157842	1037	330	2	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*	-	-	-	aucune	8
1565	Burtignière	503059	158102	1029	150	0	*Magnocaricion*	*Caricetum rostratae*	-	-	-	aucune	8
1608	ChapelledesBois	496257	158922	1099	60	0	*Caricion davallianae*	Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartsia alpina*	-	-	-	aucune	8
1609	ChapelledesBois	496273	158891	1102	106	0	*Caricion davallianae*	Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartsia alpina*	-	-	-	aucune	8
1610	ChapelledesBois	496266	158947	1099	210	0	*Rhynchosporion albae*	*Rhynchosporetum albae*	-	-	-	aucune	8
1644	Burtignière	501404	156475	1036	320	0	*Magnocaricion*	*Caricetum rostratae*	-	-	-	aucune	8
1674	Burtignière	501040	156356	1045	290	2	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*	-	-	-	aucune	8
18 06 1988	Burtignière	502182	156707	1038	300	8	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante à *Trichophorum cespitosum*	forme à *Eriophorum vaginatum*	aucune	8
497	Burtignière	502762	157641	1035	212	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-	aucune	9
498	Burtignière	502744	157631	1034	32	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-	aucune	9
520	Burtignière	503146	157911	1032	328	1	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-	aucune	9
525	Burtignière	502964	157770	1036	168	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-	aucune	9
526	Burtignière	502904	157750	1031	156	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-	aucune	9
529	Burtignière	502881	157744	1034	310	1	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-	aucune	9

		Coordonnées					VEGETATION (alliance, association, sous-association, variante, forme) selon synsystème de Gallandat (1982)						
Releves	**Lieu**	**X**	**Y**	**Altitude**	**Exposition**	**Pente**	**Alliance**	**Association**	**Sous-association**	**variante ou faciès**	**forme**	**impact humain**	**groupes**
532	Burtignière	503036	157802	1029	286	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-	aucune	9
534	Burtignière	503053	157892	1034	112	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-	aucune	9
562	Burtignière	501861	156727	1037	150	1	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-	aucune	9
563	Burtignière	501821	156737	1042	172	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*	-	aucune	9
576	Burtignière	502068	157062	1037	142	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-	aucune	9
577	Burtignière	502062	157014	1034	294	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique	-	aucune	9
578	Burtignière	501852	156756	1037	256	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*	-	aucune	9
593	Burtignière	502849	157686	1035	310	0	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-	aucune	9
804	ChapelledesBois	495891	158514	1096	348	1	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante à *Phragmites australis*	-	aucune	9
1570	Burtignière	502761	157241	1042	110	0	*Magnocaricion*	*Caricetum acutiformis*	-	-	-	aucune	9
482	Burtignière	502457	157547	1039	130	0	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*	-	pas fauché en 2012 fauché en 2013 puis pature 1 fois an	10
489	Burtignière	502408	157516	1039	134	0	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*	-	pas fauché en 2012 fauché en 2013 puis pature 1 fois an	10
493	Burtignière	502806	157505	1039	238	1	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*	-	aucune	10
494	Burtignière	502777	157568	1033	330	4	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*	-	aucune	10
495	Burtignière	502788	157640	1032	64	0	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*	-	aucune	10
501	Burtignière	502782	157543	1037	288	4	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*	-	aucune	10
502	Burtignière	502781	157546	1033	88	1	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*	-	aucune	10
589	Burtignière	502742	157866	1037	148	1	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*	-	aucune	10
1572	Burtignière	502949	157294	1047	344	1	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*	-	aucune	10
1573	Burtignière	503002	157396	1047	300	6	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*	-	aucune	10

N° relevé VR	N° relevé JMG	pays / canton	Commune	Lieu-dit	Date

Surface (m2) réelle	Surface (m2) JDG

Exposition	Altitude	Pente

Coordonnées finales	Coordonnées prévues	Code sur la carte	carte nationale

Repères locaux	N° de la photo	Nom des botanistes

Relief régional

Influence humaine

Relief de la station

Faune

Climat	*de la veille*	*du jour*
météo		
température		

Caractéristiques géologiques observées

Présence ou non d'eau dans le relevé ou aux alentours

Sol

Litière (composition)

pH

CaCO3

0 nulle
1 à peine perceptible (invisible mais audible)
2 moyenne (bulles visibles)
3 forte (forte réaction moussante)

Formes d'humus (horizons)

Schéma de la station

Menaces sur la station Non connue Absente Potentielle Active

Type de menaces

N° relevé		**Alliance** (selon guide des milieux)
JDG	Relevé linéaire Relevé fragmenté	**Alliance** (selon guide végétation 2012)
VR		

Hauteur de végétation	
Haut.min	espèce :
Haut.max	espèce :

Arbres	Haut. min.	Haut. moy.	Haut. max.	Remarques
Recouvr. [%]				
espèces				

Arbustes	Haut. min.	Haut. moy.	Haut. max.	Remarques
Recouvr. [%]				

Herbes	Haut. min.	Haut. moy.	Haut. max.	Remarques
Recouvr. [%]				

Mousses	**Sol nu**	**Rocher**	**Eau**
Recouvr. [%]	Recouvr. [%]	Recouvr. [%]	Recouvr. [%]

abondance:

r	1-2 pieds
+	> 1 %
1	1-5 %
2a	6-13 %
2b	14-25 %
3	26-50 %
4	51-75 %
5	> 75 %

phénologie:

g	germination
juv	stade juvénile
veg	stade végétatif
bt	boutons floraux apparents
fl	pleine floraison
dfl	défloraison
fr1	début de fructification
fr2	fin de fructifictation (fruits mûrs)
sec	plante sèche

agrégation:

1	isolée, plus ou moins dispersée
2	en petites touffes
3	en groupes et forme de grosses touffes, des coussinets ou des petites taches
4	en colonies ou forme des tapis discontinus
5	en grands peuplements étendus

Espèces	cf. détermination	indice abondance	indice agrégation	Floraison

B. la teneur en matière organique

Celle-ci dépend fortement de la couleur. En effet, plus la teinte générale tend vers le brun foncé, plus le taux de matière organique est élevé. La matière organique peut également être détectée par test tactile puisqu'elle donne un toucher gras et tache les doigts (cas des Anmor).

C. la teneur en carbonates

La teneur en carbonates est déterminée de façon simple sur le terrain par usage d'un flacon à pipette contenant de l'acide chlorhydrique 6 M. Cette mesure est approximative et il s'agit plutôt d'une évaluation destinée à la compréhension que d'un véritable test analytique. On détermine l'effervescence sur une échelle de 0 à 4, correspondant à des classes de teneur en carbonates (tableau 2.2).

Tableau 2.2 : Appréciation de la teneur en carbonates par le test de terrain à l'acide chlorhydrique.

Effets du HCl 6M	Notation	Interprétation
Effervescence nulle.	0 / 4	Teneur en carbonates inférieure à 1 %.
Effervescence audible mais non visible.	1 / 4	Teneur en carbonates de 1 à 3 %.
Effervescence faiblement visible, présence de quelques bulles.	2 / 4	Teneur en carbonates de 1 à 10 %.
Effervescence moyenne, bulles bien visibles	3 / 4	Teneur en carbonates de 10 à 20 %.
Effervescence forte, bulles abondantes et bruit caractéristique (cachet d'aspirine dans un verre).	4 / 4	Teneur supérieure à 20 %.

D. le ph

Mesure à l'aide du pH-mètre de terrain Hellige, voir chapitre le pH

E. la texture

La texture correspond à la composition granulométrique du sol (terre fine) et sa mesure précise ne se faire qu'en laboratoire. Elle s'apprécie au toucher sur un échantillon humecté que l'on roule entre les doigts: plus le sol est argileux, moins l'échantillon s'effrite.

Selon les dimensions des particules, on distingue:

- Sables (2 mm - 50 µm): l'échantillon humecté ne colle pas et ne brille pas;
- Limons (50 µm - 2 µm): particules indiscernables; l'échantillon humecté ne colle pas et à l'état sec, son toucher soyeux rappelle celui du talc;
- Argiles (< 2 µm): l'échantillon humecté colle aux doigts, forme des miroirs, se laisse façonner en cylindres de plus en plus minces sans se rompre mais se fendille et s'écaille en séchant.

L'appréciation des teneurs en différents éléments est essentiellement empirique. L'observateur va ainsi se faire peu à peu la main et créer son propre référentiel tactile. Pour obtenir une appréciation satisfaisante de la texture par des tests tactiles, un étalonnage avec des terres dont les caractéristiques sont connues (analyses granulométrique, réaction à l'humidité, ...) peut s'avérer utile. Cependant, quelques trucs permettent au pédologue inexpérimenté de définir de bons repères:

- Impossible de réaliser un boudin de 5 à 6 mm de diam. après avoir mouillé et malaxé un peu de terre dans sa main = teneur en argile inférieure à 10 %
- Possibilité de réaliser un boudin, mais il se fissure avant que l'on ai fait un demi-tour pour réaliser un anneau de 4 à 5 cm de diam. = teneur en argile de 10 à 15 %
- Possibilité de réaliser un boudin et fermeture au 3/4 mais pas plus, lorsque l'on réalise l'anneau = teneur en argile autour de 20 %
- Possibilité de réaliser un boudin et fermeture complète de l'anneau = teneur en argile supérieure à 30 %

F. le pourcentage d'éléments grossiers (> 2 mm) ou squelette

Lors de la description in situ du profil pédologique, il est nécessaire de décrire le squelette du sol. Cette description sera affinée en laboratoire, cependant, il est essentiel de rendre compte de la quantité et de la disposition réelles des éléments grossiers. Ces indications sont indispensables pour les horizons qui contiennent de gros blocs que l'on ne pourra échantillonner, biaisant ainsi toute détermination expérimentale de la teneur en éléments supérieurs à 2 mm.

On veillera à décrire:

- la nature pétrographique des éléments (calcaire ou cristallin),
- la forme et la taille des différents éléments:
  - 2 mm - 2 cm graviers
  - 2 cm - 20 cm cailloux ou galets
  - > 20 cm blocs
- la répartition dans l'horizon en reportant leur contour sur le croquis détaillé.
- la proportion des éléments grossiers:
  - valeur en % du volume total de l'horizon, précision 5 à 10 %
  - < 5 % indique qu'il n'y a pas de squelette visible

G. la structure

La structure est le mode d'assemblage des constituants du sol à un moment donné. Elle est variable dans le temps. L'apparition d'une structure est liée à la présence des colloïdes (argile et humus) et résulte de deux phénomènes principaux:

- effet de retrait des colloïdes sous l'influence des alternances de dessiccation et d'humectation (angles vifs);
- effet de granulation des particules de terre par l'activité biologique (division des structures compactes et agglutination des éléments pulvérulents).

On décrira la structure en précisant son type (aspect macroscopique des agrégats élémentaires), sa classe (taille des agrégats élémentaires), son grade ou netteté (degré de développement de l'agrégation, caractérise la

valeur et l'importance prise par le phénomène d'agrégation au sein de l'horizon, rapport matériaux agrégés / matériaux non-agrégés).

Au sein d'un horizon, il peut y avoir association de plusieurs types d'agrégats, différents par leurs formes et par leurs dimensions ; par ailleurs, il y a presque toujours plusieurs niveaux emboîtés de structuration en agrégats : un agrégat centimétrique se décompose en agrégats plus petits, qui peuvent être soit de la même forme, soit de forme différente (un agrégat anguleux centimétrique peut être composé d'agrégats arrondis plus petits par ex.).

Les principaux types de structures sont les suivants:

•PARTICULAIRE (non développée): les éléments de la terre fine ne sont pas liés, faute de colloïdes

- minérale: ***sableuse***
- organique: ***fibreuse, spongieuse*** *(peu fibreux et peu dense),* ***feuilletée****, ...*

•MASSIVE

*-****fondue****: éléments (argiles ou limons, avec ou sans squelette) modérément liés par des ciments, assez plastiques à l'état humide, solides et durs à l'état sec (ex: gley)*
*-****par cimentation****: éléments liés par des ciments précipités: oxydes ± hydratés, matière organique, calcaire, silice, ... (ex: concrétions, carapaces, croûtes)*

•FRAGMENTAIRE: le sol est naturellement divisé en éléments structuraux

*-****agrégats fins****: agrégats de l'ordre du mm dus à des liaisons de nature chimique, ou à des déjections de petits arthropodes dans les horizons très organiques*
-construites: l'action du brassage biologique est déterminante: structures ***grenue, grumeleuse, nuciforme***
-par fissuration: dues essentiellement au retrait et au gonflement: structures ***polyédrique, prismatique, lamellaire***

En complément à la description morphologique des éléments structuraux, il faut préciser leur dimension et leur consistance:

•Cohésion à l'état sec

- ***meuble ou peu stable****: les unités structurales se réduisent en particules élémentaires dès qu'on les isole;*
- ***friable ou moyennement stable****: les unités structurales peuvent être fragmentées par pression entre les doigts en ne fournissant qu'un faible effort;*
- ***cohérent ou stable****: l'effort à fournir est appréciable;*
- ***dur ou très stable****: l'effort à fournir est très grand, la fragmentation pouvant même être irréalisable.*

•Plasticité à l'état humide

- nulle, faible, moyenne ou forte selon la possibilité de rouler l'échantillon entre les doigts sans qu'il se rompe (voir texture).

5- TENEUR EN EAU ET HUMIDITE RESIDUELLE

I. Principe

La teneur en eau du sol est un des paramètres importants à déterminer sur sol frais. Plusieurs méthodes ont été proposées, la plus simple étant celle de la perte de masse après passage à l'étuve à 105°C. On effectue une double pesée avant et après un passage d'une durée suffisante à l'étuve (vérification de la masse constante).

Le même principe est utilisé pour déterminer **l'humidité résiduelle.** Mais celle-ci correspond à la perte de masse observée après passage à 105°C d'une prise d'essai de l'échantillon de sol préparé pour analyse, c'est-à-dire séché à l'air. Le sol, même apparemment sec, continue à capter l'humidité ambiante. Cette faculté dépend évidemment de la teneur en eau de l'air mais également du taux de matières hygrophiles de l'échantillon (argiles et matière organique), quoique la détermination du taux d'humidité ne permettre pas de les quantifier avec précision. On observe cependant des valeurs entre 4 et 8 % pour des textures argileuses (des valeurs supérieures à 8% indiquant un séchage imparfait de l'échantillon!), alors qu'un horizon sableux peu humifère aura un %Hr inférieur à 1.

La valeur de l'humidité résiduelle est également très importante pour la suite des analyses. En effet, on exprime classiquement les résultats en fonction de la masse sèche **(à 105 °C) de l'échantillon**. Si l'on ne veut pas passer chaque prise d'essai à l'étuve à 105 °C pendant une nuit avant de l'analyser, il suffira de corriger les masses de terre séchées à l'air par le degré d'humidité résiduelle (ou son corollaire, le taux de matière sèche).

La teneur en eau du sol est un des paramètres importants à déterminer sur tourbe fraîche. Il permettra notamment de rapporter les taux de fibres à la masse sèche de départ.

II. LA METHODE

1) Matériel

- ✓ Cristallisoir Pyrex ou creuset en porcelaine (si suivi de perte au feu voir chapitre Perte au feu).
- ✓ Balance analytique (0.0001 g)
- ✓ Etuve à 105 °C.
- ✓ Dessiccateur.

Teneur en eau

2) Mode opératoire

Par gain de temps il est préférable de coupler d'emblée l'analyse de la teneur en eau et celle de la perte au feu en pesant les échantillons de sol frais directement dans les creusets en porcelaine.

a) Echantillon de départ

On utilise pour cette analyse **le sol frais** ou de la **tourbe fraîche**.
La prise d'essai est de **10 à 20 g de sol frais** ou **5 à 10 g de tourbe fraîche**. Dans tous les cas, ne pas dépasser les 3/4 de la capacité du creuset !

b) Procédure

1. Prendre et **peser** un verre à peser (ou un creuset en porcelaine préalablement annoté sous le creuset au crayon gris et séché à l'étuve si vous faite la PAF).
2. Noter sa masse **"C"**, **en g**.
3. **Peser** avec précision votre prise d'essai dans le verre à peser (ou le creuset en porcelaine préalablement séché à l'étuve si vous faite la PAF). Les récipients en verre ne captant pas l'humidité, il n'est pas nécessaire de précéder la pesée par un séchage en étuve. Cependant, la phase de séchage est indispensable lorsque les récipients contiennent des matériaux hygrophiles (comme la porcelaine).
4. Noter la masse **"A"**exacte de l'échantillon **en g**.
5. **Placer** l'échantillon 24 heures minimum **à l'étuve à 105°C**.
6. **Sortir** l'échantillon, le **refroidir** au dessiccateur, **peser** à nouveau le creuset. Noter sa masse **"B", en g**.
7. Conserver cet échantillon étuvé pour effectuer la mesure de la perte au feu.

Humidité résiduelle

Par gain de temps il est préférable de couplé d'emblée l'analyse de l'humidité résiduelle et celle de la perte au feu en pesant les échantillons de sol frais directement dans les creusets en porcelaine.

a) Echantillon de départ

On utilise pour cette analyse du **sol séché à l'air.**
La prise d'essai est la même que pour la teneur en eau.

b) Procédure

Il suffit de répéter la même procédure que précédemment.

1. Prendre et **peser** un verre à peser (ou un creuset en porcelaine préalablement annoté sous le creuset au crayon gris et séché à l'étuve si vous faite la PAF).
2. Noter sa masse **"C"**, **en g**.
3. **Peser** avec précision un échantillon de **sol séché** de **10 à 20 g** dans le verre à peser (ou le creuset en porcelaine préalablement séché à l'étuve si vous faite la PAF). Les récipients en verre ne captant pas

l'humidité, il n'est pas nécessaire de précéder la pesée par un séchage en étuve. Cependant, la phase de séchage est indispensable lorsque les récipients contiennent des matériaux hygrophiles (comme la porcelaine).

4. Noter la masse **"D"**exacte de l'échantillon **en g**.
5. **Placer** l'échantillon 24 heures minimum **à l'étuve à 105°C**.
6. **Sortir** l'échantillon, le **refroidir** au dessiccateur, **peser** à nouveau le creuset. Noter sa masse **"E", en g**.
7. Conserver cet échantillon étuvé pour effectuer la mesure de la perte au feu.

3) Récupération

Le sol est à descendre au sous-sol dans les bacs à côtés de la chambre climatisée.

4) Calculs

Calculer la teneur en eau, de l'humidité résiduelle (%HR) et de la teneur en matière sèche selon les formules suivantes :

$$\text{Teneur en eau}\,(\%) = \frac{A - B}{A - C} \times 100 \text{ ou Teneur en eau en } (g/g) = \frac{A - B}{A - C}$$

$$\text{Humidité résiduelle}\,(\%) = \frac{D - E}{D - C} \times 100$$

$$\text{Teneur en matière sèche}\,(\%) = \frac{E - C}{D - mt} \times 100 = 100 - HR(\%)$$

Avec A= masse du creuset **et** de l'échantillon de sol frais ou de tourbe fraîche, en g
B= masse du creuset **et** de l'échantillon après passage à 105+C, en g
C= masse du creuset vide, en g
D= masse du creuset **et** de l'échantillon de sol séché à l'air, en g
E= masse du creuset **et** de l'échantillon après passage à 105°C, en g

5) Notes

Il faut toujours corriger les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur sol frais ou séché à l'air par la teneur en matière sèche.

6- LA PERTE AU FEU (selon ALLEN, 1974)

I. principe

La mesure de la perte au feu (PAF) donne une indication sur le taux de matière organique et la teneur en carbone organique (Corg) du sol. L'échantillon de sol est brûlé à haute température (450°C) : le matériel organique est détruit et dégagé sous forme de gaz carbonique (CO_2) et de vapeur d'eau. Après combustion, il ne reste que la fraction minérale du sol dans le récipient.

En ce qui concerne les tourbes, la mesure de la perte au feu permet une bonne estimation des teneurs réelles en matières organiques de la tourbe. L'échantillon de tourbe est brûlé (600°C) : le matériel organique est calciné et dégagé sous forme de gaz carbonique (CO_2). Il ne subsiste dans le creuset que la fraction minérale de la tourbe.

II. la méthode

1) Matériel

- ✓ Creusets en porcelaine avec un numéro marqué au crayon sur la partie rugueuse sous le creuset. il est inutile de noter des numéros au feutre sur la paroi lisse du creuset car ceux-ci disparaissent en cours de "cuisson".
- ✓ Balance analytique, précision 0.0001 g.
- ✓ Dessiccateur.
- ✓ Etuve à 105 °C.
- ✓ Four à moufles pouvant atteindre une température adéquate.

2) Mode opératoire

a) Echantillon de départ

Par gain de temps il est préférable de couplé d'emblée l'analyse de la perte au feu et celle du taux d'humidité/teneur en eau en pesant les échantillons de /sol séché à l'air ou de sol frais directement dans les creusets en porcelaine.

- ✓ Sol séché à l'étuve 105°C (p. ex. utiliser l'échantillon de la teneur en eau).
- ✓ Tourbe séchée à l'étuve 105°C (p. ex. utiliser l'échantillon de la teneur en eau).
- ✓ La prise d'essai est de **10 g pour les sol** ou **1 à 5 g de tourbe**. Dans tous les cas, ne pas dépasser les ¾ de la contenance du creuset !

b) Procédure

1. Prendre un creuset en porcelaine préalablement séché à l'étuve puis refroidi en dessiccateur et pesé.
2. Noter sa masse **"C"**, en g.
3. Peser une prise d'essai de sol ou de tourbe (si la teneur en eau a été directement faite dans des creusets, sauter cette étape).
4. Noter la masse **"A"**exacte de l'échantillon, **ou**
5. Utiliser l'échantillon ayant déjà passé à 105°C, refroidi en dessiccateur et pesé.
6. Pour les sols très organiques, l'expérience commence à four froid. Cette condition est moins importante pour les autres types de sols. Nous recommandons d'ailleurs de toujours effectuer la perte au feu dans le four déjà à la température désirée afin de permettre d'effectuer les analyses en série tout en garantissant des conditions comparables de calcination.

7a) **Cas des échantillons de sol**

- ✓ Dès que le four a atteint 450°C, brûler l'échantillon durant 2 heures.
- ✓ Pour des échantillons très organiques et peu argileux, on peut porter le temps de calcination à 4 heures. De même, si le départ de l'expérience se fait à four froid, on comptera 4 heures plutôt que 2 afin de garantir la calcination de toutes les matières organiques contenues dans l'échantillon.
- ✓ Placer les échantillons en dessiccateur dès que possible
- ✓ Après refroidissement en dessiccateur, peser à nouveau le creuset et les cendres. Noter sa masse **"B"**.

7b) **Cas des échantillons de tourbes**

- ✓ Déposer les creusets dans le four et les couvrir d'un couvercle afin d'éviter les projections de matière dans le four.
- ✓ Brûler l'échantillon comme suit:
  - Départ à four froid;
  - Monter à 350 °C, en une demi-heure, puis compter 1 heure de chauffage dès que la température est atteinte ;
  - Monter à 450 °C, en un quart d'heure, puis compter 1 heure de chauffage dès que la température est atteinte ;
  - Monter à 600 °C, en un quart d'heure environ, attendre jusqu'à ce qu'il n'apparaisse plus de braises dans l'échantillon lors qu'on l'agite.

Il est important de soulever le couvercle à intervalle régulier. Cela permet de remettre de l'oxygène en contact avec la matière à brûler. Dans l'idéal, soulever les couvercles toutes les demi-heures. Dans une première phase, la combustion très intense produit une grande quantité de fumée qui noircit les parois du four, les creusets et les couvercles. Ces cendres disparaissent au fur et à mesure que l'expérience se déroule. Lorsque les couvercles sont à nouveau propres, on peut les enlever et laisser les creusets « ouverts » dans le four. Attention de ne pas poser les couvercles sur du bois, du papier ou du verre car ils sont très chauds (utiliser la plaque métallique avec les alvéoles).

- ✓ Dès que les couvercles sont ôtés, il est nécessaire de secouer de temps en temps le creuset avec la pince afin d'homogénéiser son contenu.

  Attention toutefois à ne pas secouer trop fort car les cendres sont très légères et risquent de se disséminer hors du creuset.

- ✓ Lors qu'il n'y a plus de braises, placer les creusets dans la plaque métallique avec les alvéoles et les laisser refroidir dans la hotte et placer aussi vite que possible les échantillons en dessiccateur afin d'éviter qu'il ne se réhydratent.

- ✓ Après refroidissement en dessiccateur, peser à nouveau le creuset et les cendres. Noter sa masse **"B"**.

3) Récupération

Le sol est à descendre au sous-sol dans les bacs bleus à côté de la chambre climatisée

4) Calculs

Perte au feu (% du poids sec) = $PAF = \frac{(A-(B-C))\,x\,100}{A}$ = M.O.

Avec : A = Masse de l'échantillon à 105°C, en grammes sans le creuset
B = Masse du creuset et des cendres, en grammes
C = Masse du creuset vide, en grammes

ou

Perte au feu (% du poids sec) = 100 - teneur en cendres

avec la teneur en cendres (% du poids sec) = $\frac{(B-C)}{A}$ x 100 .

5) Notes

La perte au feu à 550 °C pour les échantillons de sol a été abandonnée au sein de notre laboratoire car à cette température, les valeurs obtenues sont surestimées par:

- la déshydratation (eau constitutive) puis réorganisation des minéraux argileux (on obtient même, à plus de 1'000 °C des recristallisations d'argiles et d'oxydes de fer!);
- la décomposition des carbonates ($CaCO_3$ --> $CaO + CO_2$) qui peut mener jusqu'à une perte de 44 % du poids, notamment au delà de 1'000 °C.

Il existe bien entendu d'autres protocoles de perte au feu (HOWARD, 1965 ; AUBERT, 1978 ; BAIZE 1988).

HOWARD (1965) utilise un facteur de correction pour tenir compte de l'eau de constitution de l'échantillon. En pratique, ce facteur de correction ne doit être utilisé que pour les échantillons de sol ayant une perte au feu inférieure à 60 % (sols minéraux). Autrement dit, cette correction est inutile pour les échantillons très organiques (litière, tourbe).

Le facteur de correction de HOWARD est le suivant :

$$M.O.(\%) = P - \frac{2.04 \times T}{100}$$

Avec : P = Perte au feu
T = 100 - P = Teneur en cendres

Pour les échantillons très organiques et en présence de carbonates, la perte au feu doit subir une correction de 44% du $CaCO_3$ présent.

8- LA CAPACITE D'ECHANGE CATIONIQUE (CEC)

- PRINCIPES....1
- CAPACITE D'ECHANGE CATIONIQUE (METHODE TP)....8
- CAPACITE D' ECHANGE CATIONIQUE AU PH DU SOL (ECHANGE PAR KCL/NH_4CL, VERSION PAR AGITATION)....14
- METHODE DE LA COBALTIHEXAMMINE....19
- AUTRES METHODES....23

PRINCIPES

Les cations du sol

Complexe et pouvoir adsorbant

Grâce à ses propriétés d'échange, un sol est capable de prélever ou de fournir des ions aux solutions qui se trouvent à son contact.

On attribue le pouvoir d'adsorption et d'échange des cations aux matériaux colloïdaux du sol, soit les argiles, l'humus et par conséquent le complexe argilo-humique. Le terme "adsorbant" est plus approprié que celui d'absorbant que l'on rencontre souvent dans la littérature. En effet, les cations se fixent suite à des phénomènes de surface et non par réaction chimique complexe. Ainsi, les cations adsorbés sur le complexe argilo-humique demeurent échangeables et peuvent retourner à la solution de sol dont ils sont issus.

Cette capacité est très importante, notamment en ce qui concerne les éléments minéraux indispensables à la nutrition des végétaux. Ainsi, la fertilité d'un sol dépend en grande partie de son complexe adsorbant. Les incidences de celui-ci se marquent à divers niveaux dans le sol:

- Structuration du sol

L'alliance des argiles et des composés humiques au sein du complexe argilo-humique se traduit par la formation d'agrégats, éléments de base de la structure du sol dans les horizons supérieurs. Ces grumeaux colloïdaux contribuent à la formation d'une structure aérée en permettant de surcroît une meilleure rétention de l'eau.

- Fertilité minérale

Le complexe argilo-humique, de par son pouvoir absorbant, constitue une véritable banque d'éléments nutritifs dans le sol.

- Lutte contre le lessivage

Si les cations n'étaient pas retenus sur le complexe, ils seraient irrémédiablement entraînés par les précipitations.

- Effet tampon

Le complexe absorbant libère les éléments nutritifs pour les végétaux en les échangeant, notamment contre les ions H+ résultant de l'activité biologique des racines et des microorganismes.

Les lois de l'échange des cations

Grâce à ses propriétés, le sol s'oppose à tout changement massif de la composition de sa solution, et ce d'autant plus puissamment qu'il est riche en colloïdes. Cette particularité est appelée POUVOIR TAMPON. Elle confère au sol une stabilité qui en fait un bon milieu biologique. Les règles de l'échange des cations sont les suivantes:

- La somme des cations fixés et échangeables d'une unité de poids de sol est constante. Si un cation se fixe, un autre doit être libéré!

- Pour un cation donné, un équilibre s'établit entre les cations fixés et ceux qui sont libres dans la solution de sol. Si le cation quitte la solution, cela oblige le complexe à refournir une quantité de ce même cation, jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre s'établisse. Inversement, un apport de cations à la solution (engrais par exemple) déplace l'équilibre vers le complexe sur lequel il y a fixation jusqu'à ce qu'un nouvel équilibre soit atteint.

Les cations qui se trouvent sur le complexe

On trouve sur le complexe des ions H^+ ainsi que des cations métalliques tels que Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+.
En règle générale, les ions bivalents sont mieux retenus que les monovalents. De même, les ions faiblement hydratés (Mg^{2+} et surtout Ca^{2+}) sont mieux fixés et constituent des floculants plus énergiques que les cations à fort taux d'hydratation (K^+, Na^+).

On peut ainsi définir une échelle en fonction de l'intensité de rétention des cations:

$Ca^{2+} > Mg^{2+} > H^+ > K^+ > Na^+$

Toutefois, cet ordre varie en fonction du matériau qui assure la rétention (argile ou humus). Dans le cas de l'humus, c'est H^+ qui est fixé avec la plus forte intensité.

Trois valeurs pour caractériser un sol

1) La capacité totale d'échange (T) ou capacité d'échange cationique (CEC)

Il s'agit de la quantité maximale de cations de toutes sortes qu'un poids déterminé de sol (habituellement 100 g) est capable de retenir. On l'exprime traditionnellement en milliéquivalents par 100 grammes de terre fine séchée.

Le milliéquivalent représente le millième de l'équivalent-gramme d'un corps, qui se calcule à l'aide de la formule suivante:

$$\text{mé} = \frac{\text{masse atomique de l'élément}}{\text{valence de l'élément}}$$

Ainsi, un sol ayant une CEC de 20 mé/100 g pourrait retenir:

- en Ca: 20 mé x (40/2) = 400 mé de Ca par 100 grammes de sol
- en Na: 20 mé x (23/1) = 460 mé de Na par 100 grammes de sol

Les normes officielles cependant recommandent plutôt d'exprimer la CEC en fonction des moles, qui définissent la même grandeur que l'équivalent. En conséquence, les résultats seront désormais exprimés en centimole de charges positives par kilogramme (cmol+/kg). A savoir, pour toute conversion entre les deux systèmes d'unités, que 1 cmol+/kg vaut exactement 1 mé/100g!

La capacité totale d'échange d'un sol est stable. Elle ne dépend que du taux et de la nature des colloïdes du sol. Ainsi, la capacité totale d'échange est élevée pour les sols argileux et humifères, faible pour les sols sableux (tabl.8.1).

Tableau 8.1 : Exemple de quelques valeurs pour T.

Nature des composés	Capacité d'échange (T)
composés humiques	300 à 500 méq./100g
argiles	80 à 150 méq./100g
Matière organique peu humifiée	100 méq./100g

Il est également utile de pouvoir considérer non des milliéquivalents-gramme, mais des pour cent, pour mille ou des ppm. La table de conversion présentée au tableau 8.2 permet d'effectuer ces transformations, selon l'exemple suivant:

Dans un horizon donné, le dosage du calcium total, par exemple, a fourni un résultat de 0.193 g de calcium pour 100 g de terre fine. Le calcium échangeable représente 7.7 mé/100g, soit 7.7 x 0.02005 = 0.154 g de calcium échangeable pour 100 g de terre fine. On peut dès lors dire que cet horizon est pauvre en calcium total et que 80 % de ce calcium se trouve sous forme échangeable, ce qui signifie qu'il n'y a pratiquement pas de stock de calcium dans les minéraux primaires de ce sol.

Tableau 8.2: Table de conversion des milliéquivalents en grammes.

1 milliéquivalent de ...	correspond à ...
Ca2+	0.02005 g de calcium
Mg2+	0.01215 g de magnésium
K+	0.0391 g de potassium
Na+	0.0230 g de sodium
Al3+	0.0090 g d'aluminium

2) La somme des bases échangeables (S) et l'acidité d'echange (AE)

Il s'agit de la quantité de cations métalliques échangeables (classiquement Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+ et Na^+) fixés sur le complexe à un moment donné. On l'exprime habituellement en mé/100g de terre.
Les cations métalliques ne sont pas à proprement parler des bases, mais des «générateurs de bases». En effet, ils se combinent aux molécules d'eau pour former des bases:

$$Ca^{2+} + 2\,H_2O \rightarrow Ca(OH)_2 + 2\,H^+$$
$$Na^+ + H_2O \rightarrow NaOH + H^+$$

La différence T-S (capacité totale d'échange – somme des bases échangeables) représente la quantité d'ions H^+ et Al^{3+} fixés. On l'appelle aussi «l'insaturation». Elle représente l'acidité potentielle, l'acidité de réserve ou l'acidité d'échange du sol (AE).

L'aluminium n'est stable dans le sol que sous forme d'hydroxyde $Al(OH)_3$. Pour obtenir des anions hydroxydes (OH^-), il provoque la dissociation de la molécule d'eau, libérant ainsi des protons H^+.

3) Le taux de saturation (V)

Le taux de saturation est calculé par le rapport entre la somme des bases échangeables et la capacité d'échange. On l'exprime en % de cations fixés par rapport au total des ions du complexe:

$$V = \frac{S}{T} x100$$

Ce taux est variable d'un sol à l'autre et même d'une année à l'autre pour un seul et même sol. Tout phénomène susceptible de soustraire ou d'ajouter des cations métalliques au complexe le fait varier.

Les principaux facteurs influençant le taux de saturation sont.

- la richesse en cations métalliques de la roche-mère;
- la fréquence et l'importance des apports en cations (en particulier en Ca);
- l'importance du lessivage, donc du climat et de la perméabilité du sol.

Les sols formés sur calcaire (riches en calcaire actif) ont souvent un taux de saturation voisin de 80 à 90 %. Dans leur cas, Ca^{2+} représente 70 à 80 % de la somme des bases échangeables (S).
Les sols formés sur des roches sableuses, gréseuses ou granitiques (soit pauvres en bases et filtrantes) ont un taux de saturation souvent inférieur à 20 % (tabl. 8.3.).

Tableau 8.3: Exemple de quelques valeurs pour les taux de saturation de grands types de sols

Type de sol	Taux de saturation (V)
CALCOSOLS	V = 90 à 100 %
NEOLUVISOLS	V = env. 50 %
PODZOSOLS	V < 20%

4) Récapitulation

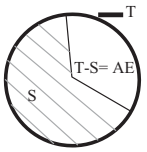


Figure B.5.1 : représentation schématique des différentes fractions constitutives de la capacité d'échange cationique (CEC).
Légende : T : capacité d'échange cationique
S : somme des bases échangeables
AE : acidité d'échange

T = CEC = capacité totale d'échange cationique. La capacité d'échange totale (T ou CEC) d'un horizon ou d'un échantillon de sol correspond à la quantité totale de cations que celui-ci peut retenir sur son complexe adsorbant (= complexe argilo-humique), à un pH donné.
S = somme des bases échangeables = quantité de cations métalliques actuellement fixés sur le complexe (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, NH_4^+,...).
AE = T-S = acidité d'échange = somme des ions H^+ fixés sur le complexe = insaturation du complexe.
V = S/T x 100 = taux de saturation dépendant de la richesse en bases de la roche-mère et de la fréquence des apports en calcium et autres cations.

Relation entre le taux de saturation et l'acidité du sol

Ces deux valeurs sont en général inversement proportionnelles (tabl. 8.4):

- plus un sol est SATURE, plus son acidité est FAIBLE et son pH ELEVE;
- plus un sol est DESATURE, plus son acidité est FORTE et son pH FAIBLE.

Tableau 8.4: Relations entre le taux de saturation (V) et le pH pour différents types de sol.

Type de sol	Taux de saturation	pH H2O
RENDOSOL	V = 80 à 90 %	pH = 7.5 à 8.5
BRUNISOL	V = 40 à 50 %	pH = 6.5 à 7.5
PODZOSOL	V < 20 %	pH = 4 à 5.5

Le taux de saturation comme indicateur de l'évolution

Le taux de saturation constitue l'aspect quantitatif de l'adsorption, ce qui est très important pour mesurer l'état d'évolution d'un sol. En effet, tous les complexes argilo-humiques n'adsorbent pas la même quantité d'ions.

L'évolution du sol va le conduire à la désaturation. S'il est issu de roche calcaire, le sol est riche en carbonates ($CaCO_3$) et son complexe est saturé de cations Ca^{2+} essentiellement. Peu à peu, les pluies vont attaquer les carbonates (processus de décarbonatation). Le calcium n'est plus lié et donc beaucoup plus sensible au lessivage: c'est le processus de décalcification qui s'amorce. Par la suite, les argiles sont petit à petit dispersées et migrent dans le profil (sols lessivés), d'où des complexes moins aptes à retenir les cations basiques. Le taux de saturation devient ainsi un indicateur de l'état d'évolution d'un sol puisqu'il nous indique à quelle phase de désaturation celui-ci se situe.

Le Référentiel Pédologique Français distingue 5 domaines en fonction du taux de saturation du sol (tabl. 8.5). Prudence avec les sols acides, pour lesquels il faut déterminer la CEC effective, soit la CEC au pH du sol, pour l'accorder au tableau 8.5.

Tableau 8.5: Qualificatifs d'un sol en fonction de son taux de saturation (S/T) (selon A.F.E.S., 1995).

S/T (%)	Qualificatif
95 à 100	saturé (ou resaturé)
80 à 95	subsaturé (ou resaturé)
50 à 80	mésosaturé
20 à 50	oligosaturé
0 à 20	désaturé

Le terme "insaturé" qualifie quand à lui un horizon ou un solum dont le rapport S/T est inférieur à 80 %.

Dans les sols calcaires ou dolomitiques, il est fréquent que le rapport S/T dépasse 100 %, parfois même très largement. Ce résultat aberrant est essentiellement dû à la dissolution d'une fraction de calcite ou de dolomie par le réactif d'extraction. Ainsi, la détermination de S est généralement inutile en sols que l'on sait calcaires.

En outre, le Référentiel utilise le rapport S/T mesuré dans les horizons S (horizons structuraux) pour distinguer les 4 références de Brunisols (tabl. 8.6).

Tableau 8.6: Rapport S/T dans les différentes références de Brunisols.

Référence	Rapport S/T
Brunisol saturé	80 à 100 %
Brunisol mésosaturé	50 à 80 %
Brunisol oligo-saturé	20 à 50 %
Brunisol resaturé	> 80 %, pH > 6.0 complexe resaturé par la mise en culture

Le taux de saturation comme indicateur de la fertilité

La fertilité minérale d'un sol se mesure par rapport aux éléments principaux que sont l'azote (N), le phosphore (P) et le potassium (K). Or, N (nitrates) et P (phosphates) sont des anions et ne sont par conséquent pas pris en compte par le rapport S/T. De plus, le calcium représente environ 90 % de cette mesure, alors que le potassium n'y est que faiblement représenté.

Ainsi, le taux de saturation constitue un indicateur valable uniquement dans sa globalité, puisqu'il ne permet pas d'isoler la fertilité en potassium (cation essentiel) et ne prend pas en compte les anions essentiels que sont le phosphore et l'azote.

CAPACITE D'ECHANGE CATIONIQUE (METHODE TP)

I. principe

La vitalité de la plante dépend en bonne partie de la mise à disposition d'ions nutritifs en suffisance. Parmi ceux-ci, les cations basiques (cations alcalins et alcalino-terreux) tiennent une place privilégiée, notamment sur sols calcaires. Il est donc intéressant d'estimer la quantité globale de cations basiques à disposition pour la plante (S = somme des cations basiques échangeables ou "bases échangeables"), la capacité d'échange totale ou capacité d'échange cationique (T ou CEC), ainsi que le taux de saturation du sol (V = S/T). Ce dernier rapport est aussi un des meilleurs indicateurs du degré d'évolution des sols.

Ces paramètres sont traditionnellement mesurés par déplacement des cations échangeables et de H^+ par une solution monoionique échangeuses d'ions (solution d'acétate d'ammonium, de KCl ou de NH_4Cl), puis dosage des cations basiques par spectrométrie d'absorption atomique et spectrophotométrie d'émission de flamme. Ces méthodes permettent un dosage séparé de chaque cations (Ca^{2+}, Mg^{2+}, K^+, Na^+, etc.) et sont très précises. Elles sont toutefois un peu "lourdes" à mettre en oeuvre dans le cadre des travaux pratiques.

Nous allons donc utiliser une méthode plus rapide, mais moins précise, qui conduira à une évaluation de la somme globale des cations basiques (= S) et de l'acidité d'échange (= AE). Cette méthode reste cependant adéquate pour la comparaison de sols assez différents, ce qui est en général le cas au cours des travaux pratiques.

II. LA METHODE

L'expérience se déroule en 3 phases :

1. Mesure de S (= bases échangeables) ;
2. Mesure de AE (= acidité d'échange) ;
3. Par calcul, on obtient ensuite T et V.

MESURE DES CATIONS ECHANGEABLES (= S)

L'expérience est fondée sur un échange des cations du sol avec des protons. Par exemple, pour Ca_2^+ :

$$Sol\text{–}Ca_2^+ + 2\,HCl \rightarrow Sol\text{–}2H^+ + CaCl_2$$

La quantité de protons adsorbés est équivalente à la quantité de cations mis en solution. On la mesure par titration avec NaOH, de normalité identique à HCl.

1) Matériel

- ✓ Balance analytique, précision 0.01 g
- ✓ Flacons plastiques PE 250 ml
- ✓ Cylindres gradués de 50 ml
- ✓ Agitateur rotatif mécanique
- ✓ Entonnoirs
- ✓ Filtres 512 ½ ou équivalent
- ✓ Pipettes graduées de 20 ml ou pipettes graduées de 10 ml
- ✓ Erlenmeyers 50 et 150 ml

2) Réactifs

- ✓ HCl 0.1 M (Titrisol)
- ✓ NaOH 0.1 M (Titrisol)
- ✓ Rouge de méthyl (indicateur)

3) Mode opératoire

a) Echantillon de départ

On utilise du sol tamisé à 2 mm et séché à l'air. La prise d'essai est de 10 g de sol. Pour les échantillons très riches en matière organique on prendra 5 g. Pour les sols calcaires (après test d'effervescence au HCl), on ne prend que 2 g de sol.

b) Blancs

Pas besoin de blanc.

c) Procédure

1. **Peser** exactement la prsie d'essai.
2. **Noter p**récisément la masse **m, en g**.
3. **Ajouter** à la prise **50 ml HCl 0.1 M**, dans un flacon plastique PE de 250 ml
4. **Agiter** pendant **45 min**. puis **filtrer** sur erlenmeyers 150 ml
5. **Pipeter 25 ml** du filtrat dans un erlenmeyer de 50 ml et y **ajouter une pipettée de rouge de méthyle**. Il faut mettre assez d'indicateur pour bien voir la couleur de virage.
6. **Titrer avec NaOH 0.1 M.** Le virage se fait de rouge à jaune orangé; il faut **s'arrêter avant la coloration jaune.** La valeur de titration est correcte si une goutte supplémentaire (à ne pas prendre en compte dans le résultat !) rend la solution jaune citron.
7. **Noter** le volume de NaOH utilisée en ml.

4) Récupération

Vider les erlenmeyer à l'évier sous flux d'eau important.

5) Calculs

Sont à noter :

- m_{corr} (en g) = masse m de la prise d'essai de sol (corrigée par l'humidité résiduelle).
- V (en ml) = volume de NaOH 0.1N utilisé pour la titration de l'échantillon de sol.
- V_0 (en ml) = volume de NaOH 0.1N utilisé pour la titration du blanc.
- $V_{totextractant}$ (en ml) = volume total d'extractant = HCl 0.1 M titré en retour (= 25 ml ici)
- C = facteur de correction à 50 ml (= 50 / volume titré)
  ex :c = 2 si 25 ml titrés
- D = Correspondance : 1 ml HCl 0.1 M correspond à 0.1 méq.
- E = facteur de correction pour ramener à 100 g

Le calcul de S est le suivant :

$$S\,(\text{cmolc/kg ou méq/100g de sol}) = \frac{((V_{totextractant} - (V_{totextractant} - V_0)) - V) \times C \times D \times E}{m_{corr}} = \frac{(V_0 - V) \times C \times 0.1 \times 100}{m_{corr}}$$

MESURE DE L'ACIDITE D'ECHANGE (= AE)

L'essai est fondé sur un échange des protons du sol avec Ca_2^+, provenant de l'acétate de calcium :

$$Sol–H^+ + Ca(CH_3COO)_2 \rightarrow Sol– Ca_2^+ + 2CH_3COOH$$

On titre ensuite la quantité d'acide acétique formé (CH_3COOH).

1) Matériel

- ✓ Balance analytique, précision 0.01 g.
- ✓ Cylindres gradués de 50 ml.
- ✓ Flacons plastiques PE 250 ml.
- ✓ Agitateurs rotatif mécanique (local sous-sol).
- ✓ Erlenmeyers 250 ml.
- ✓ Entonnoirs.
- ✓ Filtres 512 ½ ou équivalent
- ✓ Pipettes 25 et 100 ml.
- ✓ Erlenmeyer 50 ml.

2) Réactifs

- ✓ Acétate de calcium Ca $(CH_3COO)_2.H_2O$
- ✓ NaOH 1M
- ✓ NaOH 0.1 M (Titrisol).
- ✓ Phénolphtaléine (indicateur).

Préparation des réactifs

<u>Solution d'acétate de calcium 1N à pH = 8.2:</u>

Dissoudre dans de l'eau désionisée 88 g de Ca $(CH_3COO)_2.H_2O$ et ajuster à 1 litre. Ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine. Monter à pH = 8.2 avec quelques gouttes de NaOH 1M, de manière à ce que la solution vire au rose pâle avec une goutte supplémentaire (fixation au point "0" au début du virage de la phénolphtaléine).

3) Mode opératoire

a) Echantillon de départ

On utilise du sol tamisé à 2 mm et séché à l'air. La prise d'essai est de 10 g de sol. Pour les échantillons très riches en matière organique on prendra 5 g. Pour les sols calcaires (après test d'effervescence au HCl), on ne prend que 2 g de sol.

b) Blancs

Pas besoin de blanc.

c) Procédure

1. **Peser** exactement une prise d'essai.
2. **Note**r précisément la masse **m, en g**
3. **Ajouter** à la prise d'essai **50 ml d'acétate de calcium 1N,** dans un flacon plastique de 250 ml
4. **Agiter 1 h** puis **filtrer** sur erlenmeyers 250 ml
5. **Pipeter 25 ml** du filtrat dans un erlenmeyer de 50 ml et y **ajouter 3 gouttes de phénolphtaléine**
6. **Titrer avec NaOH 0,1 M**, jusqu'à ce que la couleur rose de la phénolphtaléine soit stable
7. **Noter** le volume de NaOH utilisée en ml

4) Récupération

Vider les erlenmeyers à l'évier sous flux d'eau important.

5) Calculs

Le calcul de AE est le suivant :

AE (en méq/100 g de sol) = E x C x G x H x 0.1

Avec :

E = volume en ml de NaOH 0.1M utilisé dans la titration.
C = constante = 1.5 (pour compenser un échange incomplet des ions H+ et Al3+ par l'acétate)
G = facteur de correction pour ramener à 100 g (= 100 / masse de la prise d'essai corrigée par humidité résiduelle)
H = facteur de correction à 50 ml (= 50 / volume titré)
ex : H = 2 si 25 ml titrés.

Correspondance : 1 ml NaOH 0.1 M correspond à 0.1 méq.

CALCUL DE LA CAPACITE D'ECHANGE TOTALE (T ou CEC) ET DU TAUX DE SATURATION (V)

La somme des cations S est en fait surestimée par cette méthode (dissolution du $CaCO_3$ par HCl). On en tient compte en multipliant AE par 6.5 (facteur constant).

On peut alors calculer la capacité d'échange cationique (T ou CEC) de la manière suivante :

$$T\ (méq/100\ g) = S + 6.5\ AE$$

Les valeurs se donnent en milliéquivalents par 100 g., avec une décimale après la virgule, voire aucune.
On peut alors en déduire le taux de saturation du complexe adsorbant :

$$V\ (\%) = \frac{S}{T} \times 100$$

Les valeurs sont données en %, sans décimales.

10- LE CARBONE ORGANIQUE (méthode Anne simplifiée)

Recommandations aux utilisateurs

Cette méthode est longue, onéreuse et très dangereuse (bichromate de potassium, voir la fiche de sécurité à ce sujet).
Il est préférable de remplacer cette expérience par la pyrolyse Rock-Eval disponible dès mars 2009 à l'UNIL.

Il est impératif de faire cette manip avec la permission des dirigeants du labo !!!

I. principe

Le carbone se trouve, dans les sols, sous forme minérale (carbonates p. ex.) et sous forme organique (débris végétaux, colloïdes humiques). Le dosage du carbone organique du sol sert à apprécier une partie du taux de matière organique totale de ce sol. D'autre part, la valeur du carbone organique entre dans le calcul du rapport C/N, qui est un bon indicateur de la nature de la matière organique (vitesse de décomposition, type d'humus).

Le carbone se trouve, dans les tourbes essentiellement sous forme organique. Le dosage du carbone organique sert à apprécier une partie du taux de matière organique totale des tourbes et à estimer le taux des composés non organiques (cendres) contenus dans les résidus végétaux. D'autre part, la valeur du carbone organique entre dans le calcul du rapport C/N, qui est un bon indicateur de la nature de la dégradation de la tourbe.

La méthode Anne combine l'oxydation de la matière organique d'un échantillon de sol par un excès de dichromate de potassium en milieu sulfurique à ébullition et la titration en retour de l'excès de dichromate de potassium en présence d'un indicateur.

A. l'oxydation.

Le carbone organique de l'échantillon de sol est oxydé par le bichromate de potassium en milieu sulfurique. Le bichromate doit être en excès, la quantité réduite est en principe proportionnelle à la teneur en carbone organique. La réaction s'écrit en deux temps:

(1) $K_2Cr_2O_7 + 4\ H_2SO_4 \rightarrow Cr_2(SO_4)_3 + K_2SO_4 + 4\ H_2O + 3/2\ O_2$
(2) $3/2\ O_2 + 3/2\ C \rightarrow 3/2\ CO_2$

Le chrome passe du degré d'oxydation Cr^{+6} au degré d'oxydation $Cr^{+3,}$ en libérant 3 atomes d'oxygène (1) qui vont oxyder à leur tour le carbone organique (2).

B. la titration.

Le bichromate en excès, non utilisé dans la réaction d'oxydation précédente, est titré par une solution de sel de Mohr [$(NH_4)_2SO_4.FeSO_4.6H_2O$]. La réaction est la suivante :

$$(Cr_2O_7)^{-2} + 14\ H^+ + 6\ Fe^{+2} \rightarrow 2\ Cr^{+3} + 7\ H_2O + 6\ Fe^{+3}$$

Le bichromate en excès est réduit par le sel ferreux (Fe^{+2}) qui donnera un sel ferrique (Fe^{+3}). Un indicateur, l'acide diphénylaminosulfonique, vire du bleu-violet au vert quand tout le Fe^{+2} est transformé en Fe^{+3}, autrement dit quand tout le bichromate restant a été réduit (virage pour un potentiel d'oxydo-réduction de 0.83 V).

II. la méthode

1) Matériel

- ✓ Ballons jaugés de contenance adaptée. Attention, les produits employés sont coûteux à recycler, veiller à bien calculer les quantités avant de se lancer dans l'analyse!
- ✓ Balance analytique, précision 0.0001 g.
- ✓ Bain chauffant à sec avec ses colonnes réfrigérantes et ses allonges de 500 ml à col rodé.
- ✓ Pipettes jaugées de 25 ml et système d'aspiration.
- ✓ Burette manuelle 25 ou 50 ml (voire burette automatique).
- ✓ Système de fixation pour les allonges.
- ✓ Agitateur magnétique et barreau aimanté.
- ✓ Pipettes automatiques de 5 ml et embouts adaptés.
- ✓ Divers béchers de petite taille.

2) Réactifs

- ✓ Acide sulfurique concentré (H2SO4 à 96 ou 98 % p/p, densité = 1.83 g/ml).
- ✓ Acide orthophosphorique concentré (H_3PO_4 à 85 % p/p, densité = 1.70 g/ml).
- ✓ L'acide phosphorique est utilisé pour rendre plus sensible le virage indiqué par la diphénylamine (voir notes ci-dessous)
- ✓ Bichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$
- ✓ Chlorure de Baryum $BaCl_2.2H_2O$
- ✓ Indicateur acide diphénylaminosulfonate de Baryum
- ✓ Ammonium-fer(II) sulfate hexahydraté $(NH_4)_2Fe(SO_4)_2.6H_2O$

a) Préparation des réactifs

Trois solutions sont à préparer.

IMPORTANT : la préparation de la solution 1 est impérativement réalisée par un responsable du laboratoire.

Solution 1 : mélange oxydant au bichromate de potassium $K_2Cr_2O_7$.
La pesée a lieu en conditions contrôlées, uniquement par un responsable.
Les gants nitrile et le port d'un masque sont obligatoires.
Après chaque pesée, la balance ainsi que la paillasse sont soigneusement nettoyées à l'aide d'un papier absorbant humidifié et jeté par la suite à la poubelle.

Dissoudre 19.86 g de $K_2Cr_2O_7$ dans environ 200 ml H_2O puis ajouter avec précaution 400 ml H_2SO_4 conc. et 200 ml de H_3PO_4 concentré Mettre le ballon dans une cuvette remplie de glace tout en le maintenant sur l'agitateur magnétique. Lorsque le mélange est à température ambiante, jauger à 1 l.
Remarque : il arrive souvent qu'un précipité rouge se forme dans le ballon (solution en dessous du seuil de solubilité). En principe, l'ajout du reste de l'eau suffit à le dissoudre lentement!!! Voir l'ordre des ingrédients avec vieux topo!!!).

Solution 2 : indicateur coloré, acide diphénylaminosulfonate.

Dissoudre 5 g de $BaCl_2.2H_2O$ et 0.3 g de diphénylaminosulfonate de Ba dans 100 ml d'eau (chauffer si nécessaire, mais pas à plus de 100°C). Ce mélange ne se dilue correctement que lorsque la quantité d'eau est proche de 100 ml. Il arrive fréquemment que des cristaux se forment après refroidissement et jaugeage de la solution dans le fond du ballon jaugé. Ils ne perturbent en rien le bon déroulement de l'analyse.

Solution 3 : sel de Mohr 0.4 M, frais du jour.
Dissoudre 156.86 g $(NH_4)_2FeSO_4.6H_2O$ dans environ 250 ml d'eau. Ajouter 20 ml de H_2SO_4 concentré et diluer à 1 l. Le titre de cette solution baisse au cours du temps, il est donc préférable de la préparer le jour du dosage et de ne pas la stocker.

3) Mode opératoire

a) Echantillon de départ

Suivant la teneur estimée en matière organique (se baser sur l'aspect visuel de l'échantillon et/ou sa provenance), peser 0.25 à 1 g de sol broyé.
En pratique, il est recommandé de prendre 0.5 g pour les échantillons de surface et 1 g pour les échantillons provenant des horizons de profondeur.
Pour les échantillons riches en matière organique comme la tourbe, la prise d'essai est de 0.1 g d'échantillon broyé à la pulvérisette.

b) Blancs

Remplacer la prise d'essai par de l'eau et suivre la procédure.

c) Procédure

1. **Préchauffer le bain à sec** à 150 °C. Ne pas y mettre les allonges tant qu'il n'a pas atteint cette température.
2. **Peser** une prise d'essai de sol et noter précisément la masse **m, en g**.
3. Placer la prise d'essai de sol dans une allonge à col rodé de 500 ml.
4. **Ajouter 25 ml pour les sols** ou **50 ml pour les tourbes** de mélange au **dichromate** (solution 1).

Le mélange au dichromate étant très dense, il adhère aux parois de la pipette jaugée. Afin de standardiser l'ajout d'oxydant, nous utilisons au laboratoire le protocole suivant :
- *Avec utilisation de propipettes : vider la pipette jaugée en appuyant sur le E de la propipette. Lorsque la pipette est « vide », lâcher le bouton E et attendre 10 secondes. Une certaine quantité de liquide se concentre dans le bas de la pipette que l'on vide en appuyant sur le renflement de la tige de la propipette. Procéder ensuite au pipetage suivant.*
- *Avec utilisation du Pipetus automatique : vider la pipette jaugée, attendre 10 secondes. Une certaine quantité de liquide se concentre dans le bas de la pipette. Réenclencher le Pipetus pour vider le résidu. Procéder ensuite au pipetage suivant.*

5. Placer les allonges dans le bain à sec et raccorder les allonges aux réfrigérants et faire **chauffer** le tout pendant **1h**. Chauffer doucement (ébullition lente et modérée).
6. Après 1 heure, **sortir les allonges** du bain et laisser refroidir.
7. **Diluer** avec 100 ml d'eau désionisée.
8. **Ajouter 5 ml d'indicateur coloré** (solution 2) et **titrer** le dichromate restant avec le sel de Mohr (solution 3) en utilisant un agitateur magnétique surmontée d'une burette (manuelle ou automatique).
9. Dès que la couleur change de bleu-violet à vert, **ajouter 2.5 ml** supplémentaires de mélange au **dichromate** (solution 1) et compléter **la titration** goutte à goutte.

Le virage est très sensible et à lieu d'une goutte à l'autre mais arrive parfois avec un léger décalage. Afin de prévenir tout risque de "rater" la goutte fatidique, on titre en deux temps. Il s'agit donc d'être très prudent lorsque l'on procède à la deuxième partie de la titration.

Il est possible que le mélange soit passé durant l'ébullition à la couleur verte. Dans ce cas, lors de l'ajout de l'indicateur coloré, deux cas de figure peuvent se présenter:
- *la solution devient bleue-violette. On titre alors normalement et on considère la valeur obtenue;*
- *la solution reste verte. Cela signifie qu'il n'y avait pas assez de bichromate pour oxyder tout le carbone organique. On rajoute alors les 2,5 ml de bichromate. Si la solution passe au violet, on la titre (considérer néanmoins la valeur obtenue comme peu fiable et recommencer si possible l'expérience avec une prise de terre inférieure). Si la solution reste verte, il faut refaire l'expérience avec une prise d'essai moindre.*

Penser également à faire un ou deux essais à blanc (sans sol ou avec le sable de quartz) en suivant exactement la même procédure.

4) Récupération

Tous les produits utilisés dans cette expérience doivent être récupérés dans les bidons prévus à cet effet sous la hotte dans le local borgne, puis amenés en chimie, dûment étiquetés.

5) Calculs

Sont à noter :

- m (en g) = masse m de la prise d'essai de sol *(corrigée par l'humidité résiduelle)*.
- V (en ml) = volume de sel de Mohr utilisé pour la titration de l'échantillon de sol.
- V0 (en ml) = volume de sel de Mohr utilisé pour la titration du blanc.
- $V_{totextractant}$ (en ml) = volume total d'extractant (mélange au dichromate, solution 1)

Les équations montrent que :

1 équivalent-gramme de dichromate titre 1/4 d'atome-gramme de carbone soit 3 grammes.
1 ml de dichromate 0.4 M titre donc (3 x 0.4)/ 1000 grammes de carbone, soit 0.0012 g de carbone.

Le calcul de la teneur en carbone organique (Corg en %) est donc le suivant :

$$C_{org}\ (\%) = \frac{((V_{totextractant} - (V_{totextractant} - V_0)) - V) \times 0.0012 \times 100}{m} = \frac{(V_0 - V) \times 0.12}{m}$$

La teneur en carbone organique est exprimée en % (g / 100g) de terre séchée à 105 °C. On donne généralement un chiffre significatif après la virgule.

Il est possible de convertir la quantité de Corg obtenue en teneur de matière organique à l'aide d'un facteur correctif. En général, on admet que :

Matière Organique ou MO (%) = Corg (%) x 1.72

6) Notes

A) La prise d'essai

Si on a une idée de la teneur présumée en C, la norme AFNOR (1985) recommande de peser (à 0.5 mg près) une quantité de sol telle qu'elle contienne environ 25 mg de C (tabl. 10.1).

Tableau 10.1: Poids de la prise d'essai en fonction de la teneur présumée en C pour l'analyse du carbone organique (Méthode Anne), selon AFNOR.

Teneur présumée en C en mg/g de terre fine	10	20	30	40	50	100	200
Poids P de la prise d'essai en g	2.500	1.250	0.850	0.600	0.500	0.250	0.125

Selon Pauwels et al. (1992), la prise d'essai peut être estimée à partir de la teneur en azote total, mesurée au préalable (tabl.10.2).

Tableau B.10.2: Poids de la prise d'essai pour l'analyse du carbone organique (méthode Anne) en fonction de la teneur en azote selon Pauwels & al. (1992).

Teneur en N total en mg/g de terre fine (‰)	0.0 à 1.5	1.5 à 2.5	2.5 à 3.5	3.5 à 4.5	4.5 à 6.0	6.0 à 7.0	7.0 et plus
Poids P de la prise d'essai en g	1.000	0.700	0.500	0.400	0.300	0.250	0.200

A noter enfin que cette méthode ne convient pas pour les horizons holorganiques (O et H), pour lesquels on emploiera la perte au feu (voir variante adaptée, partie C. 5.).

B) Facteurs de conversion pour le taux de matière organique

Le taux de matière organique est obtenu en multipliant la teneur en carbone organique par un coefficient généralement compris entre 1.7 et 2. Il existe différents facteurs correctifs pour passer de la quantité de carbone organique à la teneur en matière organique.

Selon LUNT (1931), le facteur de correction à employer est de 1.72 en supposant que la matière organique du sol contient 58 % de carbone. Ce facteur est le plus couramment employé.

HOWARD (1965) a démontré qu'il n'existe pas un facteur unique applicable à tous les types de sol. Selon cet auteur, on peut utiliser les facteurs présentés au tableau 10.1 pour l'horizon organo-minéral de surface (10-15 cm)

Tableau 10.1 : Facteurs de conversion du taux de carbone organique en taux de matière organique selon Howard (1965).

Type de sol	Facteur de conversion
Sol à humus de type MOR	1.77 à 1.93 (utiliser 1.85 p.ex.)
Sol alluvial (Fluviosol)	1.81 à 1.83
Sol tourbeux (tourbière acide)	1.90 à 1.95 (utiliser 1.93 p. ex.)
Sol tourbeux (Bas-marais)	1.92
Sol à humus de type MULL	1.97 à 2.07 (utiliser 2.02 p.ex)

Il est par ailleurs intéressant de comparer la valeur de matière organique calculée par cette méthode avec celle obtenue par la perte au feu.

C) Détails analytiques

L'acide phosphorique est utilisé pour rendre plus sensible le virage indiqué par la diphénylamine. Cet acide a la propriété de rendre inactif les ions ferriques par la formation de sels peu dissociés. En son absence, le mélange d'ions ferriques et d'ions ferreux est doué d'un pouvoir tampon rendant peu sensible le virage.

La diphénylamine ne doit pas être utilisée en grande quantité; sa couleur bleue n'apparaît pas toujours lorsqu'elle entre en contact avec la solution à doser. Dans ce cas, elle ne devient bleue qu'au moment de l'addition des premières gouttes de solution de Mohr, en particulier en présence de sel ferreux.

La couleur bleue avant le virage est d'autant plus foncée que la concentration de l'acide sulfurique est plus faible. Pour cette raison, il est nécessaire de diluer la solution d'attaque (dichromate de potassium en excès et acide sulfurique).

Il est possible de déterminer le titre du sel de Mohr en procédant au dosage de la solution au dichromate, non chauffée. Les titres des deux solutions étant identiques, 1 ml de dichromate est réduit par exactement 1 ml de sel de Mohr.

d) Sources d'erreurs

Quelques corps chimiques peuvent provoquer une réduction du bichromate. Ce sont le chlore, les nitrates, le bioxyde de manganèse et les carbonates. Le chlore peut-être rendu inactif en le mettant en présence de sulfate d'argent (apparition d'un précipité AgCl). Lorsque le rapport Cl/C est inférieur à 1, la solution de sulfate d'argent ne doit pas excéder 25 g par litre. Dans le cas de sols salés, si on a procédé à un dosage du chlore, on peut corriger le pourcentage de carbone en soustrayant à celui-ci 1/12 du pourcentage de chlore dosé.

Les nitrates et le bioxyde de manganèse ne provoquent pas d'erreurs notables tant que leur concentration ne dépasse pas 5% et 4 fois celle du carbone.

Les carbonates ne deviennent gênants que lorsque leur concentration dépasse 50%.

17- LA GRANULOMETRIE

- ANALYSE GRANULOMETRIQUE EN 5 FRACTIONS, SANS DECARBONATATION 1
- FRACTIONNEMENT PHYSIQUE DE LA MATIERE ORGANIQUE: CAS DES TOURBES ET DES ECHANTILLONS RICHES EN M.O.....10
- FRACTIONNEMENT PHYSIQUE DE LA MATIERE ORGANIQUE: CAS DES HORIZONS ORGANO-MINERAUX DES SOLS CLASSIQUES.....17

ANALYSE GRANULOMETRIQUE EN 5 FRACTIONS, SANS DECARBONATATION

I- Principe

Le but de l'analyse granulométrique est de déterminer la distribution pondérale des différentes fractions texturales de la partie minérale d'un sol.

Les particules minérales, après destruction des agrégats, se répartissent dans diverses catégories de taille regroupées selon l'échelle internationale illustrée à la figure 17.1.

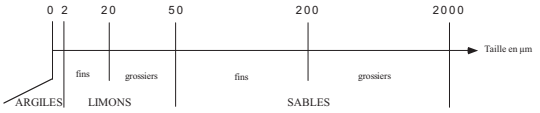


Figure 17.1: échelle granulométrique internationale.

L'analyse granulométrique de la terre fine se déroule classiquement en quatre phases:

- Traitements préliminaires destinés à éliminer ou inactiver les agents de cimentation et de liaison du sol (principalement les matières organiques et les carbonates de calcium, ainsi que le gypse et les sesquioxydes de fer et d'aluminium);
- Dispersion de l'échantillon pour une mise en suspension homogène;
- Détermination par sédimentation des fractions fines (< 50 µm), le temps et la profondeur de prélèvement sont déduits de la loi de Stokes (principe de la pipette Robinson);
- Séparation des sables par tamisage sous l'eau sur tamis de 50 et 200 µm.

Dans le cadre de ce protocole, la destruction de la matière organique (et d'une partir des carbonates) se fait par oxydation avec l'eau oxygénée. Le résidu minéral est ensuite traité par une solution dé-floculante et agité mécaniquement pour assurer une bonne dispersion des particules. On prélève alors une portion connue des fractions argiles (< 2 µm), limons fins (2-20 µm) et limons grossiers (20-50 µm) par sédimentologie. Enfin, les sables sont séparés en deux catégories (sables fins 50-200 µm et sables grossiers 200-2000 µm) par tamisage humide.

II- Méthode

1) Matériel

- ✓ Bain à sec 16 postes pourvu de systèmes de reflux pour le refroidissement.
- ✓ Allonges de sédimentation (tubes allongés, base plate) de 500 ml avec bouchons.
- ✓ Cristallisoirs en verre.
- ✓ Agitateur rotatif.
- ✓ Thermomètre.
- ✓ Chronomètre.
- ✓ Pipettes non jaugées de 20 ml, montées sur système d'aspiration automatique.
- ✓ Pipettes jaugées de 20 ml avec marques à 5 et à 20 cm, montées sur Pipetus automatique.
- ✓ Jeu de tamis de 50 µm et 200 µm
- ✓ Cuvettes en plastique.
- ✓ Balance analytique, précision 0.0001 g.

2) Réactifs

- ✓ Eau oxygénée (H_2O_2) concentrée à 30 % et diluée à 10 % vol (666 ml H_2O_2 30 % dans 2 litres).
- ✓ Dispersant (40 g/l) : dissoudre 40 g de pyrophosphate de sodium ($Na_4P_2O_7$ H_2O p.a.) dans 1 litre d'eau déminéralisée.
- ✓ Alcool technique à 70% dans une petite pissette.

3) Mode opératoire

a) Echantillon de départ

On utilise du sol tamisé à 2 mm et séché à l'air.
Il n'est pas nécessaire d'effectuer un taux d'humidité en parallèle puisque les fractions sont rapportées à 100 % entre elles, sans revenir à la masse initiale. Toutefois, si l'on désire connaître la fraction perdue lors de la phase de destruction de la matière organique et des carbonates, il sera nécessaire de connaître la masse sèche exacte.

La prise d'essai est de 10 g (±0.01 g).

b) Blancs

Les blancs ne sont pas nécessaires pour cette analyse.

c) Procédure

➢ *Traitement préliminaire*

1. **Peser** la prise d'essai, soit environ exactement 10 g (±0.01 g).
2. Noter sa masse **m, en g.**
3. Introduire la prise d'essai dans une allonge de 500 ml.
4. Sous la hotte (ventilation maximale), **ajouter** avec précaution **100 ml d'eau oxygénée à 10 %** dans chaque allonge (pour les sols très organiques ou carbonatés, introduire l'eau oxygénée en 4 fois (4 x 25 ml) en l'espace d'une heure – un cylindre gradué suffit)
5. Laisser réagir à température ambiante pendant au moins 12 heures (**une nuit**).

➢ *Destruction de la matière organique et des carbonates*

6. **Le lendemain, placer** les allonges **dans le bain à sec**. **Installer le système de reflux.**
7. **Programmer** le thermostat du bain à sec **à 150 °C.**

   Contrôler la formation de mousse dans les allonges dès que les 100 °C sont atteints. Lorsque la mousse menace de sortir de l'allonge dans le reflux (attention, le phénomène est parfois très rapide), ajouter un jet d'alcool éthylique par le haut du réfrigérant.

   Il est souvent nécessaire d'ajouter plusieurs jets dans un même échantillon. La menace de débordement s'estompe dès que l'ébullition se stabilise et présente des bulles fines à trajectoire linéaire (la mousse ressemble alors à de la crème de cappuccino !).

8. **Dès que la température** de consigne **est atteinte**, compter environ **1 heure de chauffage.**
9. **Descendre** le thermostat **à 120 °C** et **laisser** chauffer à nouveau **1 heure**.
10. **Ajouter** alors **10 ml d'eau oxygénée concentrée (30 %)** par le haut du réfrigérant. Attendre la fin de la réaction (formation de mousse) et **répéter l'opération 2-3 fois j**usqu'à complète destruction de la matière organique (cessation d'effervescence). Eviter pendant cette opération les pertes de terre par débordement. Compter une demi-heure pour que la réaction se produise.
11. **Chauffer encore 4 heures** pour éliminer l'excédant d'H_2O_2 puis **éteindre** le bloc digesteur.
12. **Enlever les réfrigérants et sortir immédiatement les allonges du bloc.**

    Il ne faut en aucun cas laisser les allonges refroidir dans le bloc digesteur car elles en resteraient prisonnières ! Si des particules sont collées sur les parois de l'allonge, utiliser un jet d'éthanol pour les faire descendre dans la solution.

13. **Laisser reposer les allonges une nuit sous la hotte.**

➢ *Dispersion des argiles*

14. **Soutirer le surnageant** avec un système d'aspiration. **S'arrêter à** environ **5 mm du culot**, voire plus si l'on s'aperçoit que les argiles sont entraînées. **Si le surnageant comporte encore des matières en suspension, ne pas aspirer et attendre encore quelques jours jusqu'à sédimentation complète !**
15. **Ajouter 15 ml d'une solution de pyrophosphate de sodium à 40 g/l** et **compléter** avec de l'eau désionisée jusqu'**au trait de jauge.**
16. **B**oucher l'allonge et **agiter 1 heure sur l'agitateur mécanique** (local borgne).

➢ *Sédimentation*

17. **Numéroter et peser précisément 5 cristallisoirs en verre par échantillon**; ils seront utilisés ultérieurement pour y recueillir les différentes fractions.

    En vue du prélèvement des limons et des argiles, relever la température des solutions (en principe la même que la température ambiante) et déterminer sur le tableau 17.1 les temps T1, T2 et T3 de prélèvements, ou utiliser le fichier Excel se trouvant sur « \Labo_Sol-Veg\Pédologie\Utilitaires pédol\Granulo».

Tableau 17.1: Relation entre la température de la solution et le temps en fonction de la taille des particules et de la profondeur (P) de prélèvement. LG : limons grossiers ; LF : limons fins ; A : argiles.

	P (cm)	18 °C	19 °C	20 °C	21 °C	22 °C	23 °C	24 °C	25 °C
T1 (<50 µm) LG + LF + A	20	1'34''	1'32''	1'29''	1'27''	1'25''	1'23''	1'21''	1'19''
T2 (<20 µm) LF + A	20	9'47''	9'32''	9'18''	9'05''	8'52''	8'40''	8'28''	8'16''
T3 (<2 µm) A	5	4h 05'	3h 58'	3h 52'	3h 47'	3h 41'	3h 37'	3h 32'	3h 27'

Pour chaque prélèvement, procéder comme suit :

18. **Agiter manuellement** l'allonge pendant 1 minute
19. Reposer le cylindre et **déclencher <u>exactement en même temps</u>** le chronomètre.

    Les opérations doivent se faire très rapidement mais en évitant de perturber la sédimentation.
    Le déclenchement du chronomètre doit se faire dès l'arrêt de l'agitation, au moment où l'on repose l'allonge au fond de son support.

    Attention à utiliser 2 supports : l'un pour les tubes non agités et l'autre pour les tubes agités.

    Prendre garde à espacer les échantillons pour prévoir au mieux les transferts ainsi que l'étape de rinçage de la pipette.

20. **Au temps T1** (variable de selon la température, voir tableau 17.1), **aspirer 20 ml de suspension à 20 cm** en-dessous du niveau de liquide (correspond au bas de la marque colorée sur la pipette).
21. **Rejeter la suspension** dans la capsule en verre préalablement numérotée et pesée.
22. **Rincer** la pipette à l'eau désionisée en prenant soin de **recueillir tout le liquide** dans le cristallisoir en verre.
23. Placer les cristallisoirs de côté, en vue de les sécher à l'étuve.

24. **Répéter les opérations 18 à 23 au temps T2.**

25. **Au temps T3**, répéter les opérations 18 et 19. Ensuite, **aspirer 20 ml de suspension mais cette fois <u>à 5 cm</u>** en-dessous du niveau de liquide (correspond au bas de la marque colorée sur la pipette).
    Ensuite, répéter les opérations 21 à 23.

26. Lorsque l'ensemble des prélèvements est effectué, **placer les cristallisoirs dans l'étuve à 105 °C.**
27. **Sortir les cristallisoirs de l'étuve**, les laisser refroidir environ 1 heure au dessiccateur.
28. **Peser** précisément chaque cristallisoir et en déduire la masse nette de chaque fraction.

➢ ***Tamisage humide (récupération des sables)***

29. **Superposer le tamis de 200 µm à celui de 50 µm** dans une cuvette en plastique ou dans un évier, en prenant soin de laisser passer un peu d'air ou de se placer au-dessus de l'évacuation pour éviter l'engorgement des tamis.

30. **Transvaser** le contenu de l'allonge dans le tamis supérieur.
    Rincer l'allonge jusqu'à ce qu'elle ne contienne plus rien de visible.

31. **Rincer abondamment les tamis à l'eau** jusqu'à ce que l'eau qui s'en écoule soit exempte de suspension.
    Il n'est pas nécessaire de rincer à l'eau désionisée car aucune analyse chimique ne sera réalisée sur les fractions par la suite.

32. **Transvaser** à l'aide d'une pissette d'eau le contenu de chaque tamis dans les cristallisoirs en verre préparés et numérotés. Mettre les cristallisoirs à sécher dans l'étuve à 105 °C pendant 24 à 48 heures.

33. **Sortir les cristallisoirs de l'étuve**, les laisser refroidir environ 1 heure au dessiccateur.
34. **Peser** précisément chaque cristallisoir et en déduire la masse nette de chaque fraction.

4) <u>Récupération</u>

Les restes de sol sont déposés dans les cuvettes de récupération situées au sous-sol. Le tout sera expédié à la déchetterie.

5) Calculs

Si l'on considère que :
Vt : volume total en ml de la solution (500 ml)
Mi : masse nette (après déduction de la tare) en g de la fraction prélevée au temps Ti *(corrigée éventuellement par l'humidité résiduelle).*
Vp : volume en ml de prélèvement (20 ml)
Vd : volume en ml de dispersant (pyrophosphate de Na) (15 ml)
Cd : concentration en g/ml de pyrophosphate de Na (0,04 g/ml)

Sables fins SF = masse de la fraction retenue sur le tamis de 50 µm
Sable Grossiers SG = masse de la fraction retenue sur le tamis de 200 µm

Alors, la masse de chaque fraction se calcule comme suit :

Limons Grossiers $LG = \frac{(M1 - M2) \times Vt}{Vp}$

Limons Fins $LF = \frac{(M2 - M3) \times Vt}{Vp}$

Argiles $A = \frac{M3 \times Vt}{Vp} - (Cd \times Vd)$

Le pourcentage de chaque fraction se calcule ensuite, sachant que :

$$A+LF+LG+SF+SG=100\%$$

6) Présentation des résultats

Il existe diverses manières de présenter les résultats, selon la problématique et les éléments que l'on désire mettre en évidence. Les moyens graphiques permettent une visualisation rapide, à valeur indicative et qualitative. Il peut s'agir de profils verticaux continus ou sous forme de cartouches, d'histogrammes ou de courbes cumulatives.

L'une des représentations les plus fréquentes est le triangle des textures. Les constituants sont regroupés en trois catégories principales (sables, limons, argiles) et disposés dans l'aire d'un triangle dont les côtés forment des axes correspondant à chacun des constituants. Cette illustration permet de bien visualiser l'évolution de la texture au sein d'un profil ou d'un groupe de sols. Elle présente cependant le désavantage de limiter le nombre de fractions à 3.

Un utilitaire informatique est à disposition pour dessiner ces triangles texturaux (voire chapitre Présentation des résultats) à partir du triangle des textures minérales d'après USDA (Figure 17.2).

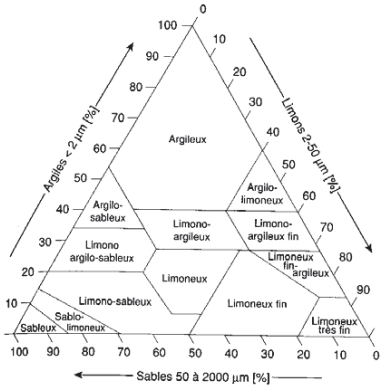


Figure 17.2: Triangle des textures minérales d'après USDA, 1975 (tiré de GOBAT & al., 2003).
Les échantillons sont situés en fonction de leur teneur pondérale en sables, limons et argiles, la somme des trois étant ramenée à 100 %. Pour chaque catégorie, tracer une parallèle à l'axe précédent. L'intersection des droites désigne la texture de l'échantillon.

7) Fiabilité de la méthode et comparaison avec la méthode des pipettes Robinson

Une première phase de test de fiabilité a été menée au laboratoire (Benz & Paganuzzi, 2000) sur une série de 9 échantillons. Trois séries de tests ont été menés : comparaison des méthodes de pipetage, influence de la décarbonatation et distorsion des résultats suite au prélèvement successif des fractions fines.

a) Méthode de pipetage

Une comparaison entre la méthode des pipettes Robinson (pipettes ajustées sur support fixe) et celle du pipetage manuel (méthode Pipetus) a été menée. Les tests démontrent que les résultats des deux méthodes sont globalement comparables.

Les conséquences de cette démonstration sont doubles :

- Possibilité de réduire le temps de manipulation ;

  En effet, la méthode Pipetus permet de traiter 16 échantillons en parallèle. En enchaînant les manipulations sur deux jours consécutifs, il est même possible de traiter 32 échantillons en une semaine.

  La méthode Robinson quant à elle, au vu de sa disposition dans nois locaux, ne permet pas de traiter plus de 8 échantillons à la fois. D'où une perte de temps considérable, qui limite les manipulations à 16 échantillons par semaine.

- Possibilité de comparer les résultats de la méthode Pipetus avec ceux de la littérature.

  Les méthodes étant le plus souvent basées sur la méthode Robinson, il était indispensable de prouver la précision de la méthode Pipetus afin de pouvoir interpréter nos résultats par rapport à ceux de la littérature.

b) Traitements préliminaires

Les tests permettent d'affirmer que de manière générale, les résultats des séries avec et sans décarbonatation préalable avec HCl 2M sont tout à fait comparables.

Il serait toutefois nécessaire de reprendre les tests avec une gamme d'échantillons à teneurs croissante en carbonates. Il pourrait également être intéressant de déterminer, par comparaison des résultats, dans quelle fraction granulométrique se situent les carbonates.

D'autre part, une réflexion sur le but de l'analyse granulométrique est nécessaire avant d'entreprendre toute décarbonatation. En effet, en règle générale, c'est l'analyse sans décarbonatation qui est préconisée (Baize, 2000). Effectivement, au sens agronomique, seule la composition incluant les particules calcaires a un sens.

Une granulométrie après décarbonatation pourra être demandée, en complément à la granulométrie sans décarbonatation, lorsque l'on s'intéresse à la filiation pédogénétique entre des horizons calcaires et d'autres qui ne le sont pas ou plus ainsi que lorsqu'il s'agit de connaître la répartition granulométrique des carbonates dans un horizon calcaire (Baize, 2000).

c) Prélèvements répétés

Il est important de constater qu'au niveau de la pratique, les tests de répétition de pipetage pour les trois fractions fines montrent qu'un pipetage peut être répété sans engendrer d'erreur significative au niveau de la composition granulométrique. Le manipulateur dispose ainsi d'un droit à l'erreur qui ne saurait être négligé lors de ces manipulations longues et fastidieuses.

FRACTIONNEMENT PHYSIQUE DE LA MATIERE ORGANIQUE CAS DES TOURBES ET DES ECHANTILLONS RICHES EN M.O.

I. Principe général

Méthode par tamisage humide selon Dinel & Levesque, 1976-1977, adaptée par Gobat, 1984 et Gobat et al., 1986.

Cette méthode peut également être utilisée pour des échantillons très organiques comme par exemples les horizons supérieurs de l'épisolum humifère ou encore des échantillons provenant de sites particuliers comme le pergélisol du Creux du Van.

La tourbe doit sa formation à une accumulation de matière organique végétale, favorisée par des conditions particulières telles par exemple un sous-sol imperméable et la présence d'une nappe d'eau plus ou moins permanente.

Le matériel végétal constituant la tourbe diffère de par sa composition végétale (sphaignes, feuilles de myrtilles, laîches, roseaux, etc) et la taille de ses constituants (tiges, feuilles, etc). Ces fragments, de tailles et origines diverses, vont peu à peu subir une décomposition en profondeur et la tourbe va se tasser et devenir plus compacte. Ce phénomène de dégradation se passe aussi bien dans des conditions « naturelles » que lors de perturbations (piétinements, tassements, etc). La grosseur des particules végétales dépend de l'état de dégradation de la tourbe: plus celle-ci est avancée, plus la taille des particules est petite!

Parallèlement à cette évolution physique, la tourbe subit une évolution chimique reflétant elle-aussi son état de dégradation. Les constituants de base des végétaux (cellulose et lignine) sont dans un premier temps décomposés en molécules plus petites: les acides fulviques (AF). Ces molécules se lient ensuite entre elles pour former les acides humiques (AH), d'autres composés organiques. L'abondance des molécules spécifiques permet de définir l'état de dégradation de la tourbe: plus celle-ci est avancée et plus les AF et les AH seront abondants.

Lors de l'étude d'une tourbe, il est important de pouvoir définir par ses caractéristiques physico-chimiques, son état de dégradation ainsi que son potentiel de régénération, dans le but d'apporter une base scientifique à une gestion optimale du milieu qu'elle représente. Deux méthodes simples sont utilisées à cet effet:

- ✓ Méthode par fractionnement physique (granulométrie des tourbes, détaillée ci-après).
- ✓ Méthode par extraction chimique (indice au pyrophosphate de sodium = indice pyro, détaillée dans le chapitre Indice pyro.

II. La méthode

1) Le tamisage humide

Entièrement manuel, le tamisage des tourbes est une méthode longue et délicate. Elle nécessite de la part de l'opérateur constance et régularité dans ses manipulations. Ceci est presque impossible à garantir pour des résultats comparables entre différents types de tourbes (surtout si les analyses ne peuvent être faites par la même personne), la subjectivité de l'opérateur (l'eau est-elle claire?) ainsi que sa « force » (pression du jet d'eau sur le tamis), etc entrant en ligne de compte.

La méthode de Dinel & Levesque (1976) a été reprise, adaptée et testée par Gobat & al. (1986) pour une granulométrie « automatique » des tourbes (schéma de l'installation en figure 17.3).

Les résultats de nombreux tests effectués sur cet appareil, comparés aux résultats obtenus par la méthode « manuelle », ont permis de définir une méthode de travail optimale, manipulations et résultats compris.

Remarque importante : dans le protocole qui suit, il s'agit essentiellement de calculer le taux de fibres de l'échantillon. Dans ce cas, il n'est pas nécessaire de récupérer l'eau de rinçage. Par contre, si l'expérimentateur souhaite récupérer par la suite les fractions de matière organique, et en particulier la fraction inférieure à 50 µm, pour ensuite effectuer des dosages (azote, éléments minéraux, par exemple) le protocole peut changer.

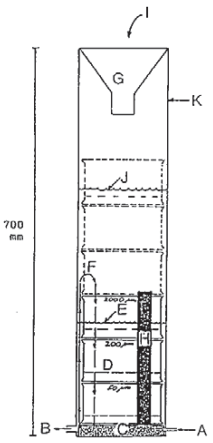


Figure 17.3: Schéma du granulomètre.

A : entrée d'air comprimé.
B : sortie de l'eau, cet orifice est bouché pendant le tamisage proprement dit.
C : tuyau en caoutchouc percé de trous par lesquels sort l'air comprimé.
D : tamis.
E : niveau de l'eau pour 3 tamis.
F : circulation de l'eau dans le cylindre.
G : entonnoir destiné à empêcher les projections d'eau hors de l'appareil. L'entonnoir joue également le rôle de sourdine.
H : élastique (1 seul est figuré mais on en dispose deux, en croix) maintenant les tamis solidaires.
I : entrée d'eau.
J : niveau de l'eau pour 6 tamis
K : cylindre de plexiglas transparent,
ø int = 175 mm
ø ext = 180 mm

Les limites des fractions, en accord avec Bascomb et al. (1977) se basent sur la taille des tamis européens et se répartissent comme suit:

fraction > 2000 µm fraction entre 200 µm et 2000 µm	Fibres * (par définition)
fraction entre 50 µm et 200 µm fraction entre 0 µm et 50 µm	Déchets non fibreux

* la limite des fibres est fixée à 150 µm par l'école canadienne (tamis américains).

Le système de classification SSSA (1974), basé sur les résultats du taux de fibres (fraction > 200 µm), permet de répartir les tourbes en trois catégories:

- ✓ Tourbe fibrique: > 40 % de fibres
- ✓ Tourbe mésique: 10 - 40 % de fibres
- ✓ Tourbe humique: < 10 % de fibres

Le taux de fibres est calculé par addition des fractions > 2000 µm et 200-2000 µm, obtenues lors de la granulométrie.

2) Matériel

Agitation

- ✓ Couteau à pain.
- ✓ Balance analytique, précision 0.0001 g.
- ✓ Flacons plastiques PE 250 ml
- ✓ Agitateur rotatif (local borgne).
- ✓ Cylindre gradué de 100 ml.
- ✓ Tamis de 50 µm (= 0.05 mm), ø 20 cm pour le « lavage » manuel préalable.
- ✓ Spatules et brucelles en plastique.
- ✓ Pissette d'eau désionisée.
- ✓ Cuvettes en plastique du diamètre des grands tamis (env. 20 cm).
- ✓ Appareil à granulométrie, ou « granulomètre » (voir fig. C.2), avec un jeu de tamis emboîtables (ø 15 cm) de 2000 µm (= 2 mm), 200 µm (= 0.2 mm) et 50 µm (= 0.05 mm) et une paire d'élastiques destinés à les maintenir ensemble.
- ✓ Cristallisoirs
- ✓ Entonnoirs, ø 5 cm.
- ✓ Erlenmeyers 250 ml.
- ✓ Béchers 500 ml.
- ✓ Etuve à 105 °C.
- ✓ Dessiccateur.
- ✓ Petites boîtes de stockage PS.

3) Réactifs

- ✓ Le tamisage se fait à l'eau du robinet si l'on ne prévoit pas d'analyses ultérieures du matériel.
  Le rinçage final, après le tamisage manuel, est effectué avec de l'eau désionisée. Le granulomètre est rempli avec de l'eau désionisée (cela permet d'éviter les dépôts de calcaire!).

- ✓ Récupération et analyse des fractions : en cas d'analyses chimiques ultérieures des fractions, **utiliser impérativement de l'eau distillée** pour éviter toute pollution de l'échantillon.

4) Mode opératoire

a) Echantillon de départ

On utilise 25 g de tourbe fraîche, coupée en fragments de 1 cm de long environ avec un couteau à pain.

On exclura, dans la mesure du possible, les racines vivantes car elles n'entrent pas dans la définition des fibres. De même, tout élément non végétal (larves éventuelles) ou non organique (cailloux) seront rejetés.

Il est préférable d'utiliser du matériel frais à cause de la difficulté à remouiller de la tourbe sèche. Pour les calculs (résultats en masse sèche), on utilisera comme référence la mesure de la teneur en eau de l'échantillon, effectuée le même jour (taux d'humidité semblable).

b) Blancs

Les blancs ne sont pas nécessaires pour cette analyse.

c) Procédure

➢ *Agitation*

1. Introduire 150 ml d'H_2O (désionisée si des analyses de carbone et d'azote sont prévues ultérieurement) dans un flacon de 250 ml (PE).
2. Ajouter 25 g de tourbe fraîche.
3. Agiter par retournement pendant 16 heures (par exemple de 16h00 à 8h00).

Remarque : contrairement au fractionnement physique de la matière organique sur des échantillons de sol, ici on n'emploiera pas de billes de verre pour l'agitation afin de prévenir tout risque de destruction des fibres.

➢ *Tamisage manuel*

1. **Verser l**e contenu du flacon sur le tamis de 50 µm et **tamiser** par voie humide au-dessus d'une cuvette ou au-dessus de l'écoulement de l'évier, en entraînant les particules plus petites par un faible jet d'eau tangent au tamis (eau désionisée si analyses ultérieures).

2. **Défaire délicatement** les amas à l'aide de la spatule ou des brucelles afin de libérer les particules fines qui y sont piégées. Attention toutefois à ne pas « forcer » les fibres dans le tamis (ne pas les écraser à la spatule ou à la main) et à ne pas les détruire par un frottement trop énergique.

3. **Tamiser** jusqu'à ce que le liquide ne contienne presque plus de particules (3 à 8 litres d'eau selon les échantillons).

   Un test de limpidité de l'eau d'écoulement du tamis permet d'estimer l'efficacité du tamisage : rincer la cuvette puis procéder au tamisage jusqu'à ce qu'elle soit remplie puis estimer, en fixant le regard pendant quelques dizaines de secondes, la quantité de particules fines flottant dans la cuvette. Cette phase est particulièrement longue, en particulier pour des tourbes sapriques. L'opérateur aura tout intérêt à estimer le meilleur rapport « qualité/ temps » de tamisage au début de ses analyses et à se tenir à ce standard par la suite.

4. Les particules fines (< 50 µm) ainsi obtenues peuvent être déduites par calcul de manière fiable.

Dans le cas d'analyses ultérieures sur les particules < 50 µm (C,H,N/rock-eval) vous pouvez récupérer ces particules de la manière décrite dans le protocole du fractionnement de la M.O des horizons organo-minéraux.

➢ *Tamisage automatique*

1. Vérifier que les tamis soient dans le bon ordre (de haut en bas: 2000 µm, 200 µm et 50 µm) pour les emboîter. Placer les tamis superposés dans une cuvette.
2. Maintenir les trois tamis à l'aide des élastiques en prenant garde de ne pas renverser l'échantillon. Les élastiques seront croisés de façon à former une « poignée » facile à saisir.

3. **Placer l'échantillon « lavé »** (refus du tamisage manuel, soit la fraction > 50 µm) sur le tamis du haut. Bien rincer le grand tamis au-dessus des petits afin de collecter l'entièreté de l'échantillon.
4. **Maintenir les trois tamis à l'aide d'élastiques** en prenant garde de ne pas renverser l'échantillon. Les élastiques seront croisés de façon à former une « poignée » facile à saisir.
5. Introduire les tamis dans le cylindre en tenant le tout par les élastiques. Ajuster la colonne de tamisage sur l'anneau percé basal afin qu'elle soit droite.
6. **Ajouter l'eau désionisée lentement**, principalement à l'extérieur, tantôt à l'intérieur des tamis, afin que ceux-ci ne « flottent » pas. Le niveau de l'eau dans le cylindre doit permettre de recouvrir l'échantillon placé sur le haut du tamis (env. 1 cm au-dessus des mailles du tamis du haut).
7. **Ouvrir le robinet d'air comprimé** de manière à former un courant permettant à l'eau de circuler de l'extérieur vers l'intérieur des tamis (vérifier et ajuster si nécessaire la position de ceux-ci sur le tuyau percé).
8. **Après 30 minutes de tamisage**, arrêter l'air comprimé, ouvrir le robinet d'eau et laisser l'appareil se vider. Si l'appareil ne possède pas de robinet d'évacuation, retirer délicatement les tamis en les laissant s'égoutter. On vide ensuite l'eau par le haut du cylindre en plexiglas, dans un bécher de grande contenance pour la récupérer pour les tamisages ultérieurs ou dans l'évier si on en a plus besoin.
9. **Retirer les tamis du cylindre**, puis enlever les élastiques précautionneusement (il reste parfois de l'eau et les fractions risquent d'être emportées!).
10. **Séparer les tamis** en rinçant délicatement le bord inférieur interne du tamis supérieur (p. ex. 2000 µm) dans le tamis inférieur (p. ex. 200 µm) afin de récolter toute la fraction (p. ex. 200 - 2000 µm).
11. **Récolter les différents refus** dans des béchers à l'aide des brucelles (fractions grossières). Pour les fractions fines : A l'aide d'une pissette d'eau désionisée, gicler l'envers du tamis et rassembler les particules à un même endroit, puis toujours à l'aide d'une pissette transférer délicatement la fraction dans son bécher. R : si des particules passent à travers le tamis pendant cette opération, les récupérer dans le tamis suivant ! Celles de 2000 à 200 et de 200 à 50, ce qui passe à travers le tamis de 50 n'est plus récupéré !
12. **Mettre à sécher à l'étuve à 105 °C** (si pas d'analyses ultérieures !!!, sinon descendre la température à 45°C).

    Récupération et analyse des fractions : ne pas dépasser les 45°C pour le chauffage au risque de perdre des éléments (azote, carbone). Effectuer des tests en parallèle pour connaître exactement le % d'humidité

13. Après séchage et refroidissement en dessiccateur, peser les béchers et calculer la masse des différentes fractions.
14. En vue d'analyses ultérieures, récupérer les échantillons dans des petites boîtes pédologiques

5) Récupération

Mettre le reste de sol au sous-sol dans les bacs bleus à coté de la chambre climatisée.

6) Calculs

Noter la masse des différentes fractions, calculer l'efficacité par rapport au poids de départ (idéal = 100%), ainsi que les rapports pondéraux de chaque fraction.

Attention: les résultats se calculent en poids sec ! (Référence: teneur en eau du jour!).

7) Remarques

Après agitation, l'échantillon peut rester plusieurs jours au frigo avant d'être tamisé (ne plus agiter ensuite!).
Il est possible de représenter les horizons dans le triangle granulométrique (arêtes: > 200 µm, 50-200 µm et 0-50 µm) présenté à la figure 17.4.

Une granulométrie plus « détaillée » peut être effectuée avec 6 tamis: 2000 µm, 1000 µm, 500 µm, 200 µm, 100 µm et 50 µm. Les fractions obtenues peuvent être contrôlées par une observation microscopique.

On verra au chapitre Indice pyro que la classification des tourbes (SSSA, 1974) peut être affinée si l'on tient compte des résultats de l'indice pyro (selon Dinel, Levesque & Marcoux, 1981).

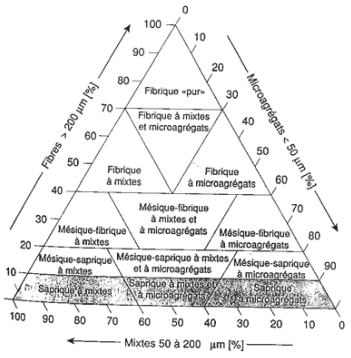


Figure 17.4 : triangle de granulométrie organique, selon Gobat et al. (2003).

FRACTIONNEMENT PHYSIQUE DE LA MATIERE ORGANIQUE CAS DES HORIZONS ORGANO-MINERAUX DES SOLS CLASSIQUES.

I. Principe

1) Matière organique et agrégats organo-minéraux

Les sols renferment simultanément un ensemble très hétérogène de matières organiques d'origines variées:

- des débris végétaux (matière organique fraîche, libre);
- des microorganismes (biomasse bactérienne et fongique);
- des matières organiques résistantes (humine héritée);
- des composés humiques alcalino-solubles (macromolécules poly-condensées d'origine végétale et produits de synthèse microbienne);
- des composés humiques non extractibles (humine d'insolubilisation);
- des métabolites microbiens non extractibles (humine microbienne).

Certains de ces composés, tels les composés humiques et les polysaccharides microbiens, s'associent aux matières minérales pour former des complexes organo-minéraux inclus comme ciment dans des microagrégats (< 50 µm) à base de particules minérales (limons, sables), débris végétaux et corps microbiens (figure 17.5).

Dans le but de comprendre l'état d'évolution de la matière organique du sol, il est nécessaire d'isoler ces diverses catégories de matières organiques ou de composés organo-minéraux, puis d'en analyser les constituants. Ainsi, des extractions chimiques succèdent au fractionnement physique dont il sera question ici.

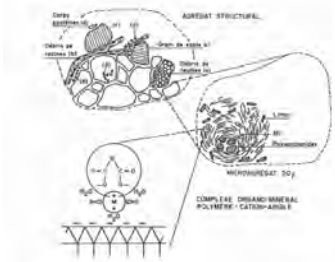


Figure 17.5 : Structure des complexes organo-minéraux et formation des agrégats du sol (Bruckert, 1979).

2) Le fractionnement physique de la matière organique

Il vise à isoler, d'une part, la matière organique libre de liaisons avec les constituants minéraux, d'autre part la matière organique liée aux argiles dans les complexes. Il est un préalable indispensable à l'extraction chimique.

Deux méthodes de fractionnement physique existent:

- ✓ Méthode densimétrique, fondée sur la différence de densité entre la matière organique libre, légère, et la matière organique liée, plus lourde. Cette technique présente de nombreux inconvénients (manipulation, toxicité, etc) et ne sera pas présentée ici.
- ✓ Méthode granulométrique, fondée sur la différence de taille entre la matière organique libre et les complexes organo-minéraux.

3) Méthode granulométrique (méthode Roulet *et al.*, 1964, modifiée par Bruckert *et al.*, 1978)

L'isolement des complexes organo-minéraux (microagrégats), concentrés dans les fractions fines, nécessite une fragmentation préalable des agrégats structuraux (> 50 µm).
On utilise à cet effet soit les ultrasons (qui présentent l'inconvénient de former des artefacts par éclatement des cellules bactériennes), soit un traitement mécanique de faible intensité (agitation contrôlée en présence de billes d'agate) qui n'affecte pas les liaisons chimiques.

Ce traitement mécanique n'est pas nécessaire pour les tourbes (pas d'agrégats structuraux), ni même conseillé car il risque de déchirer certains fibres fragiles, et par là de modifier les proportions relatives des fractions (voir plus loin).

Les études morphologiques et les analyses chimiques des constituants répartis par ordre de taille montrent que les débris organiques libres et les complexes organo-minéraux se séparent de manière significative au-delà et en-deçà de 50 µm (100 µm pour certains sols très humifiés).
Ces fractions sont séparées par tamisage humide manuel. Le refus sera ensuite soumis à un tamisage humide semi-automatique qui permettra de fractionner ses constituants en 3 classes granulométriques.

Des analyses au microscope optique ont permis de déterminer les éléments principaux présents dans les diverses fractions:

- fraction 100-2000 µm: grains de sable, débris végétaux, hyphes mycéliens. C'est dans cette fraction que se concentre la matière organique non humifiée;
- fraction 50-100 µm: agrégats, particules minérales libres, quelques débris organiques libres;
- fraction 0-50 µm: microagrégats, fines particules minérales libres (grains de quartz).

D'un point de vue pondéral, la fraction moyenne est toujours minoritaire tandis que les proportions relatives des fractions fines et grossières dépendent du type de sol et plus particulièrement de sa

texture. Ainsi, dans les sols sableux c'est la catégorie 100 - 2000 µm qui domine tandis que la fraction inférieure à 50 µm est prépondérante dans les sols limono-argileux.

Une séparation ultérieure au seuil de 5 µm par sédimentation permet de différencier 2 classes de microagrégats, la plus fine (0-5 µm) comprenant aussi des composés minéraux amorphes.

Les avantages du fractionnement physique sont multiples:

- les sables, fraction gênante dans l'étude ultérieure des complexes organo-minéraux, sont éliminés;
- les fractions obtenues sont quasi homogènes et constituent un préalable adéquat à l'analyse chimique des complexes organo-minéraux ainsi qu'à l'étude de la structure et de l'origine des fractions humifiées;
- cette méthode permet la réalisation rapide d'une caractérisation globale de la matière organique (taux d'humification d'un humus, profil organique d'un sol par la distribution verticale des principales fractions organiques).

La marche à suivre complète est présentée à la figure 17.6.

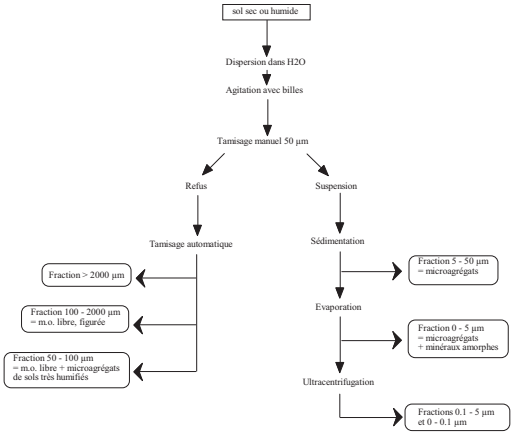


Figure 17.6: Schéma analytique du fractionnement de la matière organique par tamisage humide.

II. La méthode

1) Matériel

a) Agitation

- ✓ Agitateur rotatif (local borgne).
- ✓ 1 flacon de 250 ml par échantillon
- ✓ Balance analytique, précision 0.0001 g.
- ✓ 5 billes de verre de 1 cm de diamètre par échantillon.
- ✓ Spatule et brucelles en inox.
- ✓ Pissette d'eau distillée.
- ✓ Cuvette plastique circulaire, blanche, du diamètre du tamis.
- ✓ Tamis 2000 µm (= 2 mm), 100 µm (=0.1 mm) et 50 µm (= 0.05 mm) emboîtables avec joints.
- ✓ « Granulomètre » et accessoires (Figure 17.7).

A : entrée d'air comprimé.
B : sortie de l'eau, cet orifice est bouché pendant le tamisage proprement dit.
C : tuyau en caoutchouc percé de trous par lesquels sort l'air comprimé.
D : tamis.
E : niveau de l'eau pour 3 tamis.
F : circulation de l'eau dans le cylindre.
G : entonnoir destiné à empêcher les projections d'eau hors de l'appareil. L'entonnoir joue également le rôle de sourdine.
H : élastique (1 seul est figuré mais on en dispose deux, en croix) maintenant les tamis solidaires.
I : entrée d'eau.
J : niveau de l'eau pour 6 tamis
K : cylindre de plexiglas transparent,
ø int = 175 mm
ø ext = 180 mm

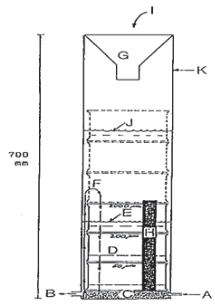


Figure 17.7: Schéma du granulomètre.

b) Prélèvement pour les fractions 0-50µm et 0-5 µm

Pour chaque échantillon, il est nécessaire de se munir de :

- ✓ Gros poissons
- ✓ 4 béchers de contenance 5 litres.
- ✓ 1 cylindre gradué 1000 ml.
- ✓ Bouchon s'y adaptant.
- ✓ 1 grand entonnoir Ø 12-15 cm pour verser l'eau dans le cylindre
- ✓ 1 dispositif d'aspiration à trompe à eau, avec pipette en verre graduée à 10cm
- ✓ 2 béchers en verre de 500 ml.

2) Réactifs

Le tamisage se fait à l'eau désionisée pour éviter toute pollution de l'échantillon (dans le cas d'analyses chimiques ultérieures).

3) Mode opératoire

a) Echantillon de départ

On utilise 35 g de sol séché et tamisé à 2 mm.
Il est également possible d'utiliser 50 g de sol humide, non tamisé cette fois.

b) Blancs

Les blancs ne sont pas nécessaires pour cette analyse.

c) Procédure

➢ ***Agitation***

1. Introduire 200 ml d'eau dans le flacon de 250 ml (PE).
2. Ajouter délicatement 35 g de sol sec (50 g de sol humide) pesés précisément, en veillant à bien mouiller la terre (attention aux horizons très organiques !).
3. Ajouter 5 billes de verre.
4. Agiter par retournement (agitateur rotatif) durant 15 h (par ex. 17h00 – 8h00).

Ensuite, le tamisage se fait en deux phases détaillées ci-dessous: tamisage manuel puis tamisage automatique avec le granulomètre. Les particules fines issues de la filtration manuelle (< 50 µm) sont récupérées.

➢ ***Tamisage manuel***

1. **Tamiser à 50 µm** par voie humide au-dessus de la cuvette, manuellement, en entraînant les particules plus petites par un faible jet d'eau distillée, tangent au tamis.
2. **Défaire délicatement les amas** par la spatule ou les brucelles.
3. **Rassembler** les particules fines avec l'eau dans les cuvettes en plastique, au fur et à mesure. Tamiser jusqu'à ce que le liquide ne contienne presque plus de particules. Dans tous les cas, **on s'arrête à 15 litres maximum**, soit environ 5 cuvettes (attention : adaptable selon vos échantillons !). On obtient généralement 10 litres.
4. **Récolter le refus** présent dans le tamis (> 50 µm).
5. **Récupérer l'eau de la filtration** (< 50 µm) des cuvettes.

➢ ***Tamisage automatique (Figure 17.7)***

1. **Vérifier** que les tamis soient dans le bon ordre (de haut en bas: 2000 µm, 100 µm et 50 µm) pour les emboîter. Placer les tamis superposés dans une cuvette.
2. Maintenir les trois tamis à l'aide des élastiques en prenant garde de ne pas renverser l'échantillon. Les élastiques seront croisés de façon à former une « poignée » facile à saisir.
3. **Placer l'échantillon « lavé »** (refus du tamisage manuel, soit la fraction > 50 µm) sur le tamis du haut. Bien rincer le grand tamis au-dessus des petits afin de collecter l'entièreté de l'échantillon.
4. **Vérifier à bien disloquer tous les agrégats** présents dans le tamis de 2000 µm à la spatule ou aux brucelles.
5. **Maintenir les trois tamis à l'aide d'élastiques** en prenant garde de ne pas renverser l'échantillon. Les élastiques seront croisés de façon à former une « poignée » facile à saisir.
6. **Introduire les tamis dans le cylindre** en tenant le tout par les élastiques. Ajuster la colonne de tamisage sur l'anneau percé basal afin qu'elle soit droite.
7. **Ajouter l'eau lentement**, généralement à l'extérieur, tantôt à l'intérieur des tamis, afin que ceux-ci ne « flottent » pas. Le niveau de l'eau dans le cylindre doit permettre de recouvrir l'échantillon placé sur le haut du tamis (environ 1 cm au-dessus des mailles du tamis du haut).
8. Ouvrir le robinet d'air comprimé de manière à former un courant permettant à l'eau de circuler de l'extérieur vers l'intérieur des tamis (vérifier et ajuster si nécessaire la position de ceux-ci sur le tuyau percé).

9. **Après 30 minutes à 1 heure de tamisage**, arrêter l'air comprimé, ouvrir le robinet d'eau et laisser l'appareil se vider. Si l'appareil ne possède pas de robinet d'évacuation, retirer délicatement les tamis en les laissant s'égoutter.
10. **Jeter l'eau du cylindre** (a priori, elle est limpide).
11. Enlever les élastiques précautionneusement (il reste parfois de l'eau et les fractions risquent d'être emportées!).
12. Séparer les tamis en rinçant délicatement le bord inférieur interne du tamis supérieur (p. ex. 2000 µm) dans le tamis inférieur (p. ex. 100 µm) afin de récolter toute la fraction (p. ex. 100 - 2000 µm).
13. **Récupérer les différentes fractions sur les tamis dans des béchers ou cristallisoirs** préalablement pesés et annotés de la manière suivante : A l'aide d'une pissette d'eau désio gicler l'envers du tamis et rassembler les particules à un même endroit, puis toujours à l'aide d'une pissette transférer délicatement la fraction dans son cristallisoir. R : si des particules passent à travers le tamis pendant cette opération, les récupérer dans le tamis suivant ! Celles de 2000 à 100 et de 100 à 50, ce qui passe à travers le tamis de 50 n'est plus récupéré !

14. **Mettre à sécher** les cristallisoirs contenant les fractions > 2000 µm, 100 µm et 50 µm à l'étuve à 105°C si pas d'analyses ultérieures !!! Par le chauffage on risque de perdre des éléments (azote, carbone), sécher à 45°C en cas d'analyses des fractions (C,H,N/rock-eval/..)
15. **Après séchage, les peser et calculer la masse des fractions**. Les analyses ultérieures (carbone, azote) sont possibles, via notamment le CHN, si l'eau utilisée est de l'eau désionisée.
16. En vue d'analyses ultérieures, récupérer les échantillons dans des petites boîtes pédologiques.

d) <u>Etape optionnelle</u>

Si nécessaire, il est possible d'isoler les fractions 0-50 µm et 0-5 µm depuis les 15 litres d'eau issus du tamisage manuel. Cependant, cette étape n'est pas obligatoire, sa mise en œuvre dépendra de la question posée dans le projet de recherche.

- ***Eau issue du tamisage manuel : prélèvement pour les fractions 0-50 µm et 0-5 µm***

1. Récupérer les 10 (*à 15*) litres d'eau contenus dans les cuvettes en plastiques.

2. **Bien homogénéiser** ces 10 (*à 15*) litres selon la procédure suivante :

   - répartir les 10 (*15*) litres dans 2 (ou 3) grands béchers de 5 litres, de la manière la plus homogène possible (même taille de particules environ partout, partager chaque cuvette de manière équitable).

   - NOTER MAINTENANT PRECISEMENT LE NOMBRE DE LITRES OBTENUS !
   - ajouter un poisson et brasser le mélange sur un agitateur magnétique.

   Si vous avez 10 (*15*) litres
   - à l'aide du système d'aspiration, prélever approximativement 2 (*1.5*) litres du mélange obtenu et le transvaser dans un bécher de 5 litres.
   - procéder de la même façon, pour le ou les autres béchers.

   Pendant l'aspiration, monter et descendre la pipette = aspiration plus homogène.
   - au final, vous avez rassemblé 4 (*4.5*) litres dans un dernier bécher de 5 litres, maintenant prélever 3x1litre que vous répartirez respectivement dans 3 cylindres gradués.

3. Ajuster la contenance **<u>à 1 litre exactement</u>**. Pour rappel, ce volume d'eau contient la fraction inférieure à 50 µm.

✓ ***Prélèvement de la fraction 0-50 µm***

1. Boucher les cylindres.
2. **Agiter par retournement manuel**, les cylindres durant une minute et les poser sur une surface stable. Le faire les uns après les autres.
3. Prélever immédiatement **les 10 premiers cm** de liquide (plonger la pipette immédiatement jusqu'à env 1cm du trait de limite de prélèvement, puis aspirer le dernier cm) grâce au système d'aspiration et de la pipette **graduée** via la trompe à vide.
4. Récupérer les volumes d'eau dans 3 béchers de 500 ml, préalablement annoté et pesé, en vue de l'évaporation.

✓ ***Prélèvement de la fraction 0-5 µm***

1. Re-boucher le cylindre utilisé précédemment.
2. A l'aide du tableau, déterminer le temps de sédimentation en fonction de la température.
3. **Agiter encore une fois** le cylindre durant 1 min et les poser sur une surface stable. Le faire avec un intervalle de 3 mins entre chaque cylindre.
4. Laisser reposer « le temps voulu » et prélever les **10 cm suivants** de liquide (cette fois plonger délicatement la pipette juste au dessous de la surface du liquide et suivre l'aspiration en logeant le bord du cylindre jusqu'au trait de limite de prélèvement) grâce au système d'aspiration et de la pipette **graduée** via la trompe à vide.
5. Rejeter les liquides dans 3 bécher de 500 ml, préalablement annoté et pesé, en vue de l'évaporation.

Ensuite :

1. Placer les béchers de 500 ml à l'étuve à 105°C si pas d'analyses ultérieures !!!. *Par le chauffage on risque de perdre des éléments (azote, carbone), ou à* 45°C en cas d'analyses des fractions (C,H,N/roch-eval/..)
2. Une fois les échantillons évaporés, peser les béchers et noter la masse.
3. En vue d'analyses ultérieures, récupérer les échantillons dans des petites boîtes pédologiques.

4) Récupération

Mettre le reste de sol au sous-sol dans les bacs bleus à coté de la chambre climatisée.

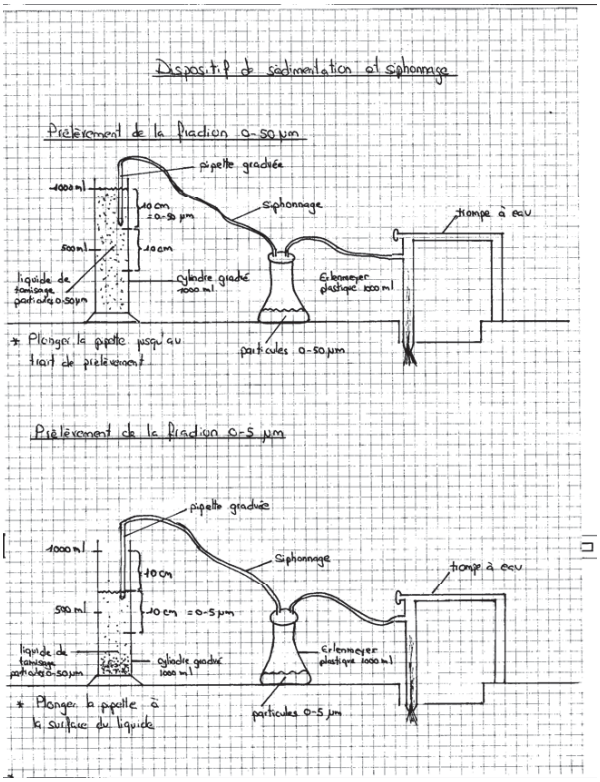


Figure 17.8 : Schéma avec le système de la trompe à vide.

5) Calculs

Noter les masses des différentes fractions, calculer l'efficacité par rapport à la masse de départ (idéal = 100%), ainsi que les rapports pondéraux de chaque fraction.
Ne pas oublier de tenir compte des 15 litres de récupération d'eau pour le calcul et le fait que l'on ait tout concentré sur un seul litre !

6) Notes

a) Calcul du temps de sédimentation

La vitesse de chute d'une particule obéit à la loi de Stockes, principe utilisé également pour la granulométrie minérale. En ce qui concerne la matière organique, cette loi reste applicable, pour autant que l'on tienne compte de la densité de la matière organique.

Le fractionnement granulométrique de la matière organique montre que les particules soumises à la sédimentation (< 50 µm) sont en fait des complexes organo-minéraux. Dans ce cas, la différence de densité entre une particule minérale pure (argile = 2.61 g/cm^3) et une particule argilo-humique est considérée comme négligeable (part de la matière organique très faible). La densité utilisée est donc la même, et valable pour presque tous les sols.

On trouve toutefois 2 exceptions :

- En cas de sédimentation de tourbe, on trouve encore de la matière organique libre en-dessous de 50 µm, à cause de la quasi-absence d'argile et de la mauvaise décomposition du matériel. Il faut tenir compte d'une densité plus faible, de 1.61/g/cm3, qui est celle d'un Ao de podzol (in: F. Richard, 1978).

- En cas de sols très carbonatés (craies p. ex.) utiliser une densité de 1.80 g/cm3.

La résolution de la loi de Stockes donne des temps de chute présentés au tableau 17.2.

Tableau 17.2: temps de chute

Temps de prélèvement à la pipette de Robinson en fonction de la température °C et d'une profondeur constante -10cm- La densité de particules est estimée à 2.61 g*cm-3	
Température °C	Particules de r=2.5*10^{-4} cm
18	1h21'59''
19	1h20'02''
20	**1h18'05''**
21	1h16'08''
22	1h14'20''
23	1h12'33''
24	1h10'55''
25	**1h09'17''**

b) Aspects analytiques

Les fractions obtenues doivent être contrôlées par une observation microscopique.
Il est possible de représenter les horizons dans un triangle granulométrique (100 – 2000 µm, 50 - 100 µm, 0 – 50 µm).

25- L'INDICE DE VON POST (terrain)

I. Principe

L'échelle d'humification de Von Post renseigne sur l'état de dégradation de la tourbe. Cet indice, facile à réaliser sur le terrain, met en relation la teneur en fibres et le degré de décomposition du matériau.

II. la méthode

Prendre un échantillon de tourbe dans une main et serrer le poing de manière à exprimer la partie liquide de la tourbe.

L'indice prend en compte la couleur du « jus » extrait ainsi que la nature du résidu qui reste dans la main.

La correspondance avec les niveaux de l'échelle est donnée dans le tableau 25.1.

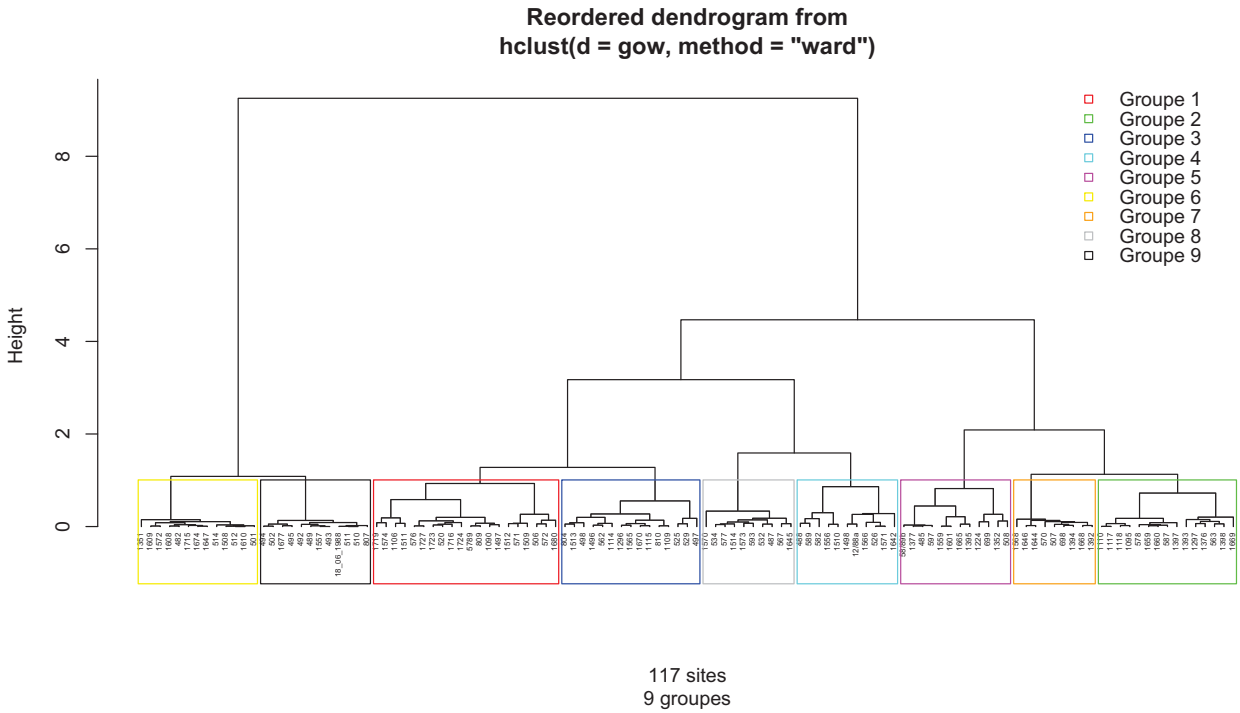
Tableau 25.1: Table des indices de von Post, d'après AFES, 1995.

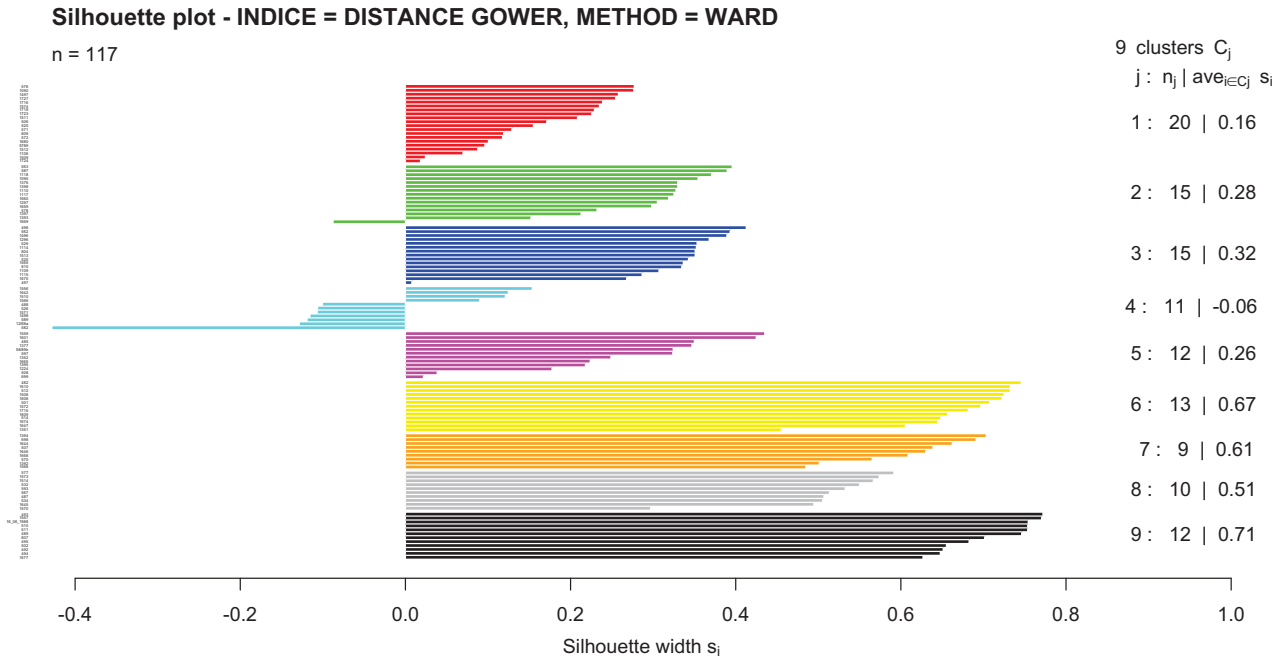
Echelle d'humification des horizons histiques selon VON POST

	Degré de l'échelle	Décomposition	Structures végétales avant le test	Présence de matière amorphe	Matériau obtenu par pression dans la main	Nature du résidu restant dans la paume de la main
R_1* / O_1	h_1	nulle	parfaitement identifiables	nulle	eau limpide	végétaux non décomposés
	h_2	insignifiante	facilement identifiables	nulle	eau de couleur jaune à brune	végétaux très peu décomposés
	h_3	très faible	identifiables	très faible	eau de couleur brune à noire	végétaux peu décomposés masse fibreuse faiblement humide
R_2 / O_e	h_4	faible	difficilement identifiables	faible	eau turbide	le résidu (humide) est de consistance légèrement granuleuse
	h_5	moyenne	reconnaissables mais non identifiables	moyenne	eau turbide avec un peu de tourbe	résidu pâteux détrempé, structures végétales encore visibles à l'œil nu
	h_6	moyenne à forte	non reconnaissables	élevée	eau boueuse : moins du 1/3 de tourbe passe entre les doigts	résidu granuleux et mou avec quelques structures végétales visibles
R_3 / O_a	h_7	forte	indistinctes	très élevée	eau boueuse : environ la moitié de tourbe passe entre les doigts	résidu détrempé avec quelques structures végétales visibles
	h_8	très forte	très indistinctes	très élevée	boue : les 2/3 de tourbe passent entre les doigts	résidu mou et détrempé avec parfois des résidus ligneux non décomposés
	h_9	presque totale	pratiquement non discernables	très élevée	presque tout le mélange homogène eau-sol passe entre les doigts	la structure des végétaux inclus dans le résidu en faible quantité est rarement reconnaissable
	h_{10}	totale	non discernables	très élevée	toute la masse homogène tourbeuse passe entre les doigts	pas de résidu

* équivalences : R_1 - R_3 - indices de l'« International Peat Society ».
O_1 - O_3 - indices de l'US Dept of Agriculture et du Soil Conservation Service.

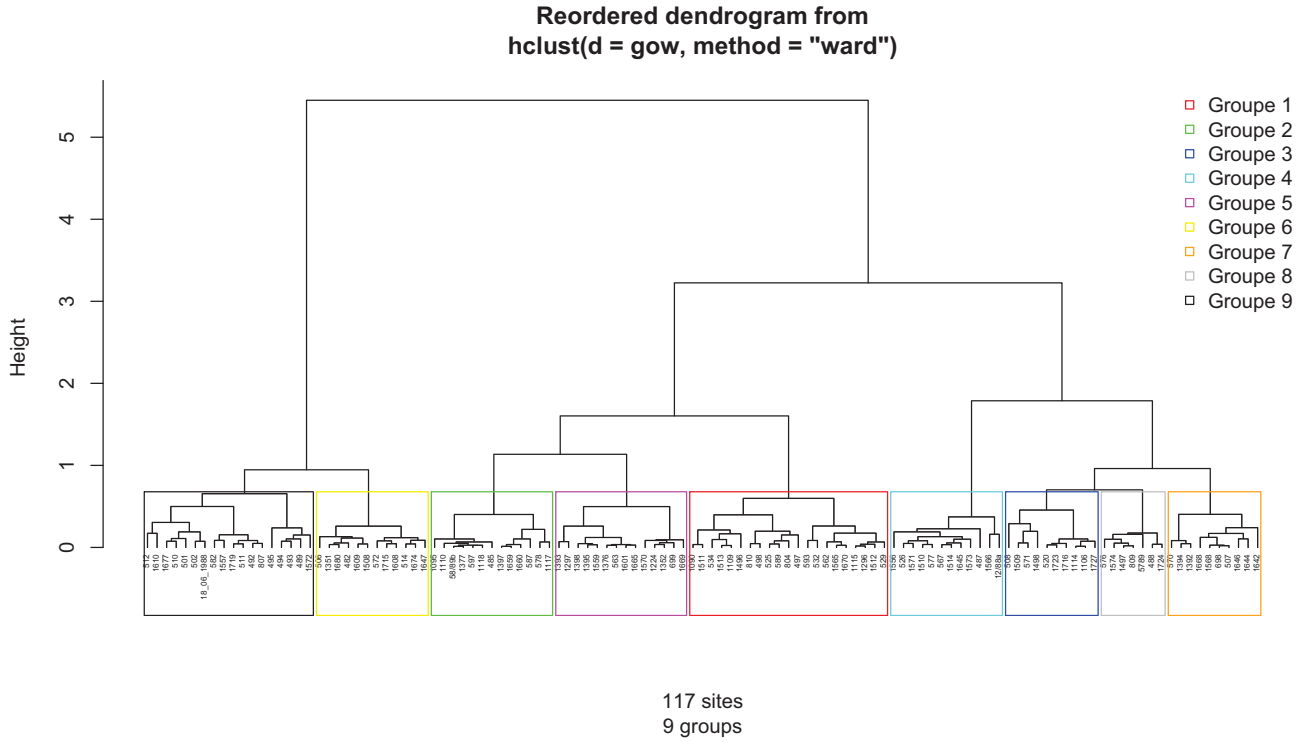
1

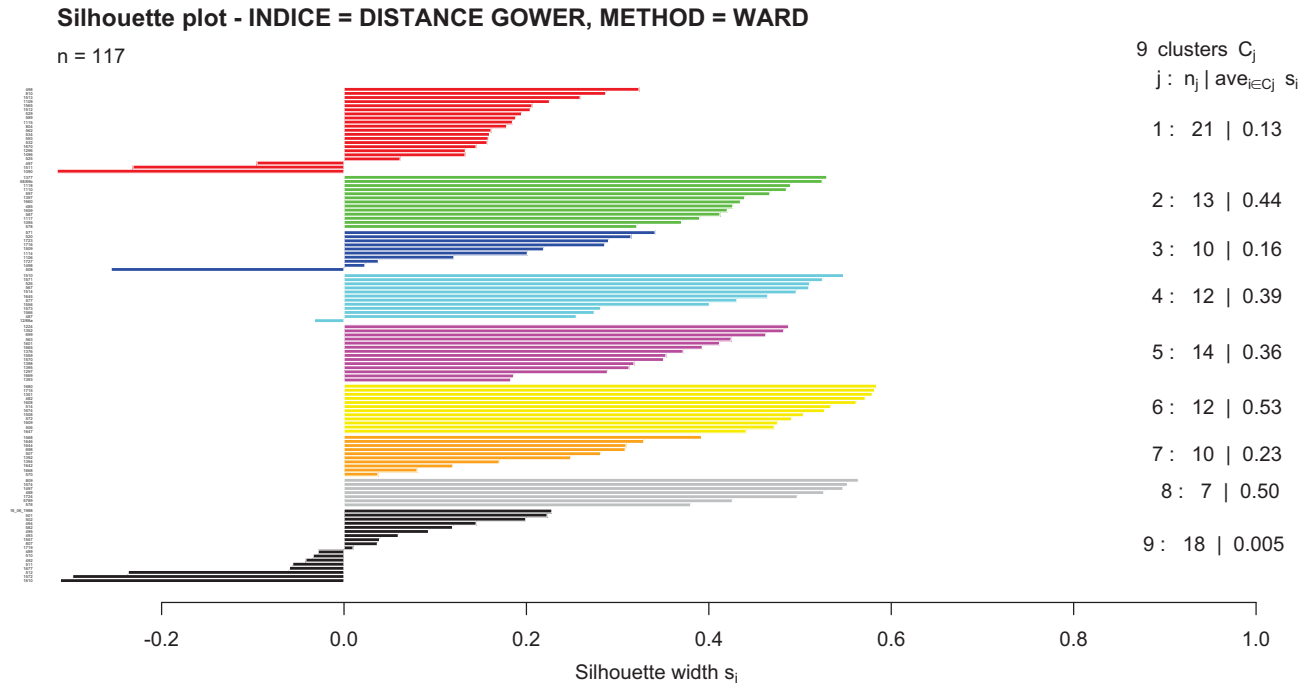

Reordered dendrogram from
hclust(d = gow, method = "ward")
Height
0
2
4
6
8
Groupe 1
Groupe 2
Groupe 3
Groupe 4
Groupe 5
Groupe 6
Groupe 7
Groupe 8
Groupe 9
117 sites
9 groupes


Silhouette plot - INDICE = DISTANCE GOWER, METHOD = WARD
n = 117
9 clusters C_j
j : n_j | $ave_{i∈Cj}$ s_i
1 : 20 | 0.16
2 : 15 | 0.28
3 : 15 | 0.32
4 : 11 | -0.06
5 : 12 | 0.26
6 : 13 | 0.67
7 : 9 | 0.61
8 : 10 | 0.51
9 : 12 | 0.71
-0.4
-0.2
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Silhouette width s_i
Average silhouette width : 0.37

Releves	Lieu	Coordonnées X	Coordonnées Y	Date	H_cm	A_cm	Go_cm	Gr_cm	g_cm	pH_horizon_enracinement	HCl_horizon_A_ou_H	carbonate_horizon_A	eau_profil	tache_red (1=oui; 0=non)	tache_oxyd (1=oui; 0=non)	pedogenesell (1=oui; 0=non)	profondeur_tot (cm)	SOLS selon Référentiel Pédologique	groupes	pente
506	Le Sentier	509067	163056	12 08 2013	36	17	0	0	0	5	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	1	1	0	74	REDOXISOL épihistique, issu de craie lacustre	1	0
520	Burtignière	503144	157910	13 08 2013	0	58	0	2	0	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	0	68	REDUCTISOL STAGNIQUE leptique	1	1
571	Burtignière	502017	156978	26 07 2013	2	38	0	0	36	5	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	1	1	0	82	REDOXISOL leptique, à horizon g humifère, à horizon histique saprique discontinu	1	0
572	Burtignière	502035	156977	26 07 2013	64	0	0	0	13	5	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	1	1	0	78	HISTOSOL MESIQUE rédoxique, à horizons saprique et fibrique en surface, calcique, eutrophe	1	0
576	Burtignière	502066	157061	26 07 2013	0	42	0	0	42	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	0	85	REDOXISOL à horizons A et g humifères	1	0
809	ChapelledesBois	497170	159484	14 08 2013	0	20	0	0	15	6	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	0	50	REDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon A humifère	1	3
1090	ChapelledesBois	497277	159813	14 08 2013	0	17	0	0	25	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	0	45	REDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon g humifère	1	5
1106	ChapelledesBois	497240	159503	14 08 2013	0	36	19	45	0	6	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	0	107	REDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère	1	0
1497	ChapelledesBois	496568	158249	14 08 2013	0	19	0	0	27	5.5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	0	73	REDOXISOL surrédoxique, avec traces de briques, à horizon A humifère en surface	1	2
1509	Burtignière	501318	156163	24 07 2013	0	22	0	0	54	6	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	1	1	0	80	REDOXISOL à horizons g humifères	1	0
1511	Burtignière	501508	156874	24 07 2013	0	29	35	40	0	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	0	105	REDUCTISOL TYPIQUE	1	2
1512	Burtignière	501527	156941	24 07 2013	0	29	0	0	70	5	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	1	1	0	104	REDOXISOL à horizons A et g humifères	1	2
1574	Burtignière	503241	157591	25 07 2013	0	33	0	81	0	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	0	115	REDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique, à horizons A et G humifères	1	1
1680	Burtignière	502417	157139	25 07 2013	57	0	0	20	30	4	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	1	1	0	107	REDOXISOL épihistique, à horizon réductique de profondeur	1	5
1716	Burtignière	502079	156951	26 07 2013	0	40	0	0	8	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	0	52	REDOXISOL leptique, à horizon g humifère	1	0
1719	Burtignière	503134	157568	25 07 2013	35	0	0	71	0	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	0	106	REDUCTISOL TYPIQUE épihistique	1	2
1723	Burtignière	502049	156526	15 07 2013	0	54	0	0	21	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	0	76	REDOXISOL à horizon g humifère	1	0
1724	Burtignière	502035	156560	15 07 2013	0	42	0	16	0	6	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	0	67	REDUCTISOL TYPIQUE leptique, à horizons A humifères en surface	1	1
1727	Burtignière	501924	156981	13 08 2013	0	48	0	0	39	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	0	90	REDOXISOL à horizon g humifère	1	0
5789	ChapelledesBois	497283	159607	14 08 2013	0	30	0	0	18	6	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	0	50	REDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon A humifère en surface	1	2
563	Burtignière	501821	156737	23 07 2013	0	31	0	0	0	6.5	peu	carbonate	absence_eau	1	1	0	40	RENDOSOL - REDOXISOL leptique	2	0
578	Burtignière	501852	156758	24 07 2013	0	49	0	0	10	6	peu	decarbonate	absence_eau	1	1	0	62	REDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizon g humifère	2	0
587	Burtignière	501662	156619	24 07 2013	0	29	0	0	25	6	nul	decarbonate	absence_eau	1	1	0	55	REDOXISOL surrédoxique, décarbonaté en surface, à horizon A humifère en surface	2	0
1095	ChapelledesBois	496144	158872	18 07 2013	0	32	0	0	0	6	nul	decarbonate	absence_eau	1	1	0	34	RENDOSOL - REDOXISOL leptique, décarbonaté en surface	2	0
1110	ChapelledesBois	496954	159254	18 07 2013	0	27	0	0	0	5	peu	decarbonate	absence_eau	1	1	0	40	RENDISOL - REDOXISOL leptique	2	1
1117	ChapelledesBois	496824	159168	18 07 2013	0	29	0	0	0	5	peu	decarbonate	absence_eau	1	1	0	43	RENDISOL - REDOXISOL leptique	2	1
1118	ChapelledesBois	496809	159149	18 07 2013	0	22	0	0	0	6	nul	decarbonate	absence_eau	1	1	0	46	CALCOSOL - REDOXISOL leptique, décarbonaté en surface	2	2
1297	Le Sentier	508322	162682	22 07 2013	0	19	0	0	40	7	peu	carbonate	absence_eau	1	1	0	60	REDOXISOL surrédoxique, carbonaté en surface, à horizons A et g humifères	2	1
1376	ChapelledesBois	496689	159347	18 07 2013	0	30	0	0	22	6	peu	carbonate	absence_eau	1	1	0	67	REDOXISOL leptique, à horizons A et S calcaires	2	1
1393	Le Sentier	508463	162636	22 07 2013	0	47	17	0	17	6.5	peu	carbonate	absence_eau	1	1	0	97	REDOXISOL réductique, calcaire, issu de craie lacustre, à horizons A humifères	2	1
1397	Le Sentier	509185	162923	22 07 2013	0	28	0	0	40	6	peu	decarbonate	absence_eau	1	1	0	103	REDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A et g humifères	2	0
1398	Le Sentier	509113	163210	13 08 2013	0	7	0	0	0	6	bcp	carbonate	absence_eau	1	1	0	20	CALCOSOL - REDOXISOL leptique	2	1
1659	Le Sentier	508902	162764	22 07 2013	0	28	0	0	15	6	peu	decarbonate	absence_eau	1	1	0	75	REDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A et g humifères	2	0
1660	Le Sentier	508923	162782	22 07 2013	0	35	0	0	14	6	peu	decarbonate	absence_eau	1	1	0	64	REDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A humifères	2	0
1669	Le Sentier	509480	163449	23 07 2013	0	17	0	0	35	7	bcp	carbonate	peu_eau	1	1	0	53	REDOXISOL calcaire, surrédoxique, à horizons A humifères en surface	2	1
497	Burtignière	502759	157641	16 07 2013	17	20	46	7	0	5	nul	absence_CaCO3	absence_eau	1	1	1	92	REDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère, à horizon saprique de profondeur	3	0
498	Burtignière	502745	157630	16 07 2013	0	32	0	0	45	5	nul	absence_CaCO3	absence_eau	1	1	0	78	REDOXISOL surrédoxique, à horizons g humifères	3	0
525	Burtignière	502962	157771	16 07 2013	0	39	30	22	2	5	nul	absence_CaCO3	absence_eau	1	1	0	94	REDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique, à horizons G humifères	3	0
529	Burtignière	502883	157748	16 07 2013	0	39	50	0	0	5	nul	absence_CaCO3	absence_eau	1	1	0	92	REDUCTISOL TYPIQUE surrédoxique, à horizons A et G humifères	3	1
562	Burtignière	501861	156726	24 07 2013	0	45	0	10	28	6	nul	absence_CaCO3	absence_eau	1	1	0	86	REDOXISOL réductique, surrédoxique, à horizons A et g humifères	3	1
804	ChapelledesBois	495889	158517	19 07 2013	0	24	0	0	74	6	nul	absence_CaCO3	absence_eau	1	1	0	107	REDOXISOL surrédoxique, à horizons g humifères	3	1
810	ChapelledesBois	497182	159662	14 08 2013	0	17	0	0	15	5	nul	absence_CaCO3	absence_eau	1	1	0	40	REDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizons g humifères	3	2
1109	ChapelledesBois	497239	159569	14 08 2013	0	19	0	0	8	5	nul	absence_CaCO3	absence_eau	1	1	0	32	REDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon g humifère	3	3
1114	ChapelledesBois	496107	158174	19 07 2013	0	49	0	22	24	6	nul	absence_CaCO3	absence_eau	1	1	0	117	REDOXISOL réductique, à horizon g humifère	3	5
1115	ChapelledesBois	496768	159097	18 07 2013	0	34	0	0	13	6	nul	absence_CaCO3	absence_eau	1	1	0	50	REDOXISOL leptique, à horizons A humifères en surface	3	1
1296	Le Sentier	508334	162703	22 07 2013	0	31	12	0	23	6	nul	absence_CaCO3	absence_eau	1	1	0	67	REDOXISOL réductique, à horizons A et g humifères	3	0
1496	ChapelledesBois	496612	158923	18 07 2013	0	36	0	0	26	6	nul	absence_CaCO3	absence_eau	1	1	0	77	REDOXISOL surrédoxique	3	1
1513	Burtignière	501534	156940	24 07 2013	0	14	0	0	75	5	nul	absence_CaCO3	absence_eau	1	1	0	90	REDOXISOL surrédoxique, à horizon g humifère	3	2
1565	Burtignière	503054	158099	17 07 2013	0	23	7	0	24	6	nul	absence_CaCO3	absence_eau	1	1	0	55	REDOXISOL réductique, surrédoxique, à horizons A et g humifères	3	0
1670	Le Sentier	509499	163444	15 08 2013	0	24	0	0	14	6	nul	absence_CaCO3	absence_eau	1	1	0	43	REDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizons A et g humifères	3	0
488	Burtignière	502299	157431	13 08 2013	0	46	0	38	0	6	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	0	0	84	REDUCTISOL TYPIQUE à horizons A et G humifères	4	1
526	Burtignière	502907	157749	16 07 2013	60	19	0	0	0	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	0	0	1	89	HISTOSOL MESIQUE avec présence de charbon et de bois, calcique, eutrophe	4	0
582	Burtignière	502119	156654	15 07 2013	72	0	0	10	0	5.5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	0	0	84	HISTOSOL SAPRIQUE réductique, à horizons mésiques et fibrique, calcique, eutrophe	4	10
589	Burtignière	502738	157865	17 07 2013	0	25	0	47	0	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	0	0	75	REDUCTISOL STAGNIQUE	4	1
1498	ChapelledesBois	496663	158336	14 08 2013	36	50	0	0	0	5	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	0	0	1	86	HISTOSOL FIBRIQUE calcique, oligotrophe	4	1
1510	Burtignière	501497	156892	24 07 2013	39	25	0	28	0	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	0	1	93	REDUCTISOL TYPIQUE superposé à HISTOSOL MESIQUE calcique, eutrophe	4	2
1556	Burtignière	502834	157710	17 07 2013	61	0	0	26	0	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	0	1	95	HISTOSOL MESIQUE acide, oligotrophe, superposé à REDUCTISOL TYPIQUE épihistique	4	0
1566	Burtignière	503181	158011	17 07 2013	40	16	0	0	0	6	nul	absence_CaCO3	peu_eau	0	0	1	65	HISTOSOL SAPRIQUE à horizon d'anmoor intercalé, calcique, mésotrophe	4	2
1571	Burtignière	502893	157310	25 07 2013	65	23	0	0	0	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	0	0	1	89	HISTOSOL MESIQUE, calcique, mésotrophe	4	1
1642	Burtignière	501412	156304	24 07 2013	14	61	0	0	0	6	peu	decarbonate	peu_eau	0	0	1	76	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons An décarbonatés, calcique, eutrophe	4	0
12/88a	ChapelledesBois	496738	159245	18 07 2013	45	29	0	0	0	5.5	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	0	0	1	75	HISTOSOL MESIQUE calcique, oligotrophe	4	1
485	Burtignière	502185	157277	13 08 2013	0	16	0	0	0	6	nul	decarbonate	absence_eau	0	0	0	45	CALCISOL haplique	5	1
508	Le Sentier	509018	163026	12 08 2013	0	13	6	0	0	6.5	peu	decarbonate	bcp_eau	0	1	0	85	REDUCTISOL TYPIQUE leptique, fluvique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	5	0
597	Burtignière	502647	157819	17 07 2013	0	29	0	0	0	6	nul	decarbonate	absence_eau	0	0	0	50	CALCISOL haplique	5	12
699	Le Sentier	508496	162808	22 07 2013	0	35	7	0	0	7	bcp	carbonate	peu_eau	0	1	0	94	REDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre	5	2

Releves	Lieu	Coordonnées X	Coordonnées Y	Date	H_cm	A_cm	Go_cm	Gr_cm	g_cm	pH_horizon_enracinement	HCl_horizon_A_ou_H	carbonate_horizon_A	eau_profil	tache_red (1=oui; 0=non)	tache_oxyd (1=oui; 0=non)	pedogenesell (1=oui; 0=non)	profondeur_tot (cm)	SOLS selon Référentiel Pédologique	groupes	pente
1224	Le Sentier	509009	163323	12 08 2013	0	24	22	0	0	6	bcp	carbonate	peu_eau	0	1	0	47	REDUCTISOL TYPIQUE calcaire	5	3
1352	Le Sentier	509068	163126	12 08 2013	0	17	12	0	0	7	peu	carbonate	bcp_eau	0	1	0	95	REDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre	5	0
1377	ChapelledesBois	496845	159462	18 07 2013	0	20	0	0	0	6	nul	decarbonate	absence_eau	0	0	0	35	CALCOSOL décarbonaté en surface	5	3
1395	Le Sentier	508552	162772	22 07 2013	0	22	19	0	0	6	bcp	carbonate	absence_eau	0	1	0	63	REDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre, à horizon A humifère en surface	5	0
1559	Burtignière	502812	157959	17 07 2013	0	25	0	0	0	6	bcp	carbonate	absence_eau	0	0	0	50	CALCOSOL haplique	5	10
1601	ChapelledesBois	496343	159053	18 07 2013	0	28	0	0	0	6	peu	carbonate	absence_eau	0	0	0	43	CALCOSOL haplique	5	2
1665	Le Sentier	508870	163131	13 08 2013	0	20	4	0	0	6	bcp	carbonate	absence_eau	0	1	0	32	REDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre	5	4
58/89b	ChapelledesBois	496725	159337	18 07 2013	0	19	0	0	0	5.5	nul	decarbonate	absence_eau	0	0	0	33	CALCOSOL décarbonaté en surface	5	3
482	Burtignière	502455	157548	13 08 2013	90	0	0	0	0	4.5	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	0	0	0	90	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface, acide, mésotrophe	6	0
501	Burtignière	502785	157544	16 07 2013	82	0	0	0	0	4	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	0	0	0	86	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique en surface, acide, mésotrophe	6	4
512	Burtignière	503048	157307	25 07 2013	88	0	0	0	0	4	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	0	0	0	93	HISTOSOL FIBRIQUE acide, flottant, oligotrophe	6	0
514	Burtignière	503038	157312	25 07 2013	106	0	0	0	0	4	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	0	0	0	106	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques et sapriques en surface et de profondeur, acide, oligotrophe	6	2
1351	Le Sentier	509087	163093	12 08 2013	41	0	0	0	0	5	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	0	0	0	41	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, calcique, oligotrophe	6	0
1508	Burtignière	503152	157349	25 07 2013	94	0	0	0	0	4	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	0	0	0	94	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques, acide, oligotrophe	6	0
1572	Burtignière	502952	157293	25 07 2013	79	0	0	0	0	4.5	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	0	0	0	80	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon saprique en surface, acide, mésotrophe	6	1
1608	ChapelledesBois	496250	158919	18 07 2013	97	0	0	0	0	4.5	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	0	0	0	98	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique en surface, acide, flottant, oligotrophe	6	0
1609	ChapelledesBois	496271	158890	18 07 2013	72	0	0	0	0	4.5	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	0	0	0	72	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique, acide, flottant, oligotrophe	6	0
1610	ChapelledesBois	496266	158947	18 07 2013	88	0	0	0	0	4	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	0	0	0	93	HISTOSOL MESIQUE acide, flottant, oligotrophe	6	0
1647	Burtignière	501168	156450	24 07 2013	104	0	0	0	0	5	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	0	0	0	105	HISTOSOL MESIQUE à horizon saprique en surface, calcique, oligotrophe	6	2
1674	Burtignière	501044	156358	24 07 2013	99	0	0	0	0	5	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	0	0	0	100	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, calcique, oligotrophe	6	2
1715	Burtignière	502292	156845	26 07 2013	89	0	0	0	0	5	nul	absence_CaCO3	bcp_eau	0	0	0	90	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésiques en surface, acide, mésotrophe	6	0
507	Le Sentier	508954	163019	12 08 2013	0	32	12	0	6	6	peu	decarbonate	peu_eau	1	1	0	84	REDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	7	0
570	Burtignière	502017	156950	26 07 2013	0	51	6	9	0	5	peu	decarbonate	peu_eau	1	1	0	68	REDUCTISOL TYPIQUE décarbonaté en surface, à horizon rédoxique, à horizon A humifère en surface	7	0
698	Le Sentier	508397	162727	22 07 2013	0	39	2	0	2	6	peu	decarbonate	peu_eau	1	1	0	94	REDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	7	0
1392	Le Sentier	508450	162703	22 07 2013	0	24	0	0	0	6	peu	decarbonate	peu_eau	1	1	0	40	RENDOSOL - REDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizons A humifères	7	2
1394	Le Sentier	508418	162681	22 07 2013	0	47	0	0	0	6	peu	decarbonate	peu_eau	1	1	0	80	RENDOSOL - REDOXISOL pachique, décarbonaté en surface, à horizons A humifères	7	3
1568	Le Sentier	509196	162964	23 07 2013	0	30	0	27	46	6	nul	decarbonate	peu_eau	1	1	0	105	REDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, à horizons g humifères	7	0
1644	Burtignière	501405	156472	24 07 2013	0	57	0	0	19	6	peu	decarbonate	peu_eau	1	1	0	86	REDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizons A et g humifères	7	0
1646	Burtignière	501115	156458	24 07 2013	0	71	0	0	15	6	peu	decarbonate	peu_eau	1	1	0	87	REDOXISOL décarbonaté en surface	7	5
1668	Le Sentier	509481	163456	23 07 2013	0	23	0	0	0	6	peu	decarbonate	peu_eau	1	1	0	67	RENDOSOL - REDOXISOL décarbonaté en surface, à horizon A humifère en surface	7	0
487	Burtignière	502334	157480	13 08 2013	27	50	0	0	9	5.5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	1	86	REDOXISOL multi-alluvio-colluvial, à horizons sapriques	8	1
532	Burtignière	503033	157804	17 07 2013	27	48	0	0	30	6	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	1	106	REDOXISOL à horizons A et g humifères, superposé à HISTOSOL MESIQUE calcique, eutrophe	8	0
534	Burtignière	503052	157895	17 07 2013	11	25	0	23	26	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	1	86	REDOXISOL réductique, à horizon g humifère en surface, à horizon histique	8	0
567	Burtignière	502663	157226	15 08 2013	34	17	17	0	13	5.5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	1	82	REDOXISOL réductique, multi-histique, à horizons g humifères	8	1
577	Burtignière	502063	157013	26 07 2013	18	30	0	0	28	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	1	94	REDOXISOL leptique, à horizon histique mésique en surface	8	0
593	Burtignière	502847	157686	17 07 2013	5	24	0	0	52	6	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	1	82	REDOXISOL à horizons A et g humifères, à horizon histique saprique de profondeur	8	0
1514	Burtignière	501784	157137	24 07 2013	34	14	0	0	30	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	1	80	REDOXISOL multi-fluvique, à horizons mésiques	8	5
1570	Burtignière	502760	157244	25 07 2013	7	24	0	10	83	6	peu	carbonate	peu_eau	1	1	1	125	REDOXISOL surrédoxique, calcaire, à horizons g humifères, à horizon saprique, à horizon	8	0
1573	Burtignière	503004	157398	25 07 2013	22	29	0	0	56	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	1	108	REDOXISOL à horizon g humifère, à horizon histique saprique en surface	8	6
1645	Burtignière	501059	156426	24 07 2013	60	18	12	0	14	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	1	1	1	104	REDUCTISOL TYPIQUE leptique, à horizon rédoxique, superposé à HISTOSOL MESIQUE calcique, mésotrophe	8	10
489	Burtignière	502405	157518	13 08 2013	102	0	0	0	0	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	0	0	0	102	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons sapriques et mésique en surface, acide, mésotrophe	9	0
492	Burtignière	502263	157309	13 08 2013	110	0	0	0	0	5.5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	0	0	0	110	HISTOSOL MESIQUE à horizons saprique et fibrique en surface, calcique, mésotrophe	9	0
493	Burtignière	502805	157509	16 07 2013	92	0	0	0	0	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	0	0	0	95	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface, acide, mésotrophe	9	1
494	Burtignière	502779	157566	16 07 2013	81	0	0	0	0	4	nul	absence_CaCO3	peu_eau	0	0	0	86	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface, acide, mésotrophe	9	4
495	Burtignière	502788	157637	16 07 2013	101	0	0	0	0	4.5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	0	0	0	106	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons mésiques, acide, mésotrophe	9	0
502	Burtignière	502778	157546	16 07 2013	87	0	0	0	0	4	nul	absence_CaCO3	peu_eau	0	0	0	92	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques et saprique en surface, acide, mésotrophe	9	1
510	Burtignière	502957	157738	16 07 2013	82	0	0	0	0	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	0	0	0	82	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique, acide, oligotrophe	9	2
511	Burtignière	502951	157735	16 07 2013	82	0	0	0	0	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	0	0	0	82	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, acide, oligotrophe	9	2
807	ChapelledesBois	495930	158438	19 07 2013	81	0	0	0	0	5.5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	0	0	0	82	HISTOSOL MESIQUE à horizons sapriques en surface, calcique, oligotrophe	9	1
1557	Burtignière	502726	157842	17 07 2013	94	0	0	0	0	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	0	0	0	95	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons mésiques, calcique, oligotrophe	9	2
1677	Burtignière	501748	156850	24 07 2013	104	0	0	0	0	4	nul	absence_CaCO3	peu_eau	0	0	0	104	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques en surface et de profondeur, acide, oligotrophe	9	0
18_06_1988	Burtignière	502181	156710	15 07 2013	80	0	0	0	0	5	nul	absence_CaCO3	peu_eau	0	0	0	85	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques et saprique, calcique, oligotrophe	9	8


Reordered dendrogram from
hclust(d = gow, method = "ward")
Height
0
1
2
3
4
5
Groupe 1
Groupe 2
Groupe 3
Groupe 4
Groupe 5
Groupe 6
Groupe 7
Groupe 8
Groupe 9
117 sites
9 groups



Average silhouette width : 0.27

Releves	Lieu	Coordonnées X	Coordonnées Y	Date	OL_cm	OF_cm	OH_cm	Hf_cm	Hm_cm	Hs_cm	An_cm	Ag_cm	Ah_cm	A_cm	faune (1=oui; 0=non)	evenement_pedol (1=oui; 0=non)	eau_FH	pH_horizon_enracinement	carbonate_horizon_A	HCl_horizon_A_ou_H	mousses (1=oui; 0=non)	FH selon ZANELLA et al. (2011)	FH selon JABIOLI et al. (2013)	groupe
497	Burtignière	502759	157641	16 07 2013	2	2	0	0	2	15	20	0	0	0	1	1	non	5	absence_CaCO3	nul	0	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Gleyic	1
498	Burtignière	502745	157630	16 07 2013	3	1	0	0	0	0	16	16	0	0	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul	0	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	1
525	Burtignière	502962	157771	16 07 2013	3	1	0	0	0	0	39	0	0	0	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul	0	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	1
529	Burtignière	502883	157748	16 07 2013	2	1	2	0	0	0	0	0	39	0	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul	0	HYDROMODER à tendance HEMITERROMODER	Stagnic HEMIMODER Drying up at the surface Gleyic	1
532	Burtignière	503033	157804	17 07 2013	2	1	0	0	23	4	0	14	34	0	1	1	non	6	absence_CaCO3	nul	0	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL, superposé à HUMIHISTOMODER	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface, superposed to HUMIMODER	1
534	Burtignière	503052	157895	17 07 2013	4	1	0	0	9	2	0	0	0	25	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul	0	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	1
562	Burtignière	501861	156726	24 07 2013	2	1	0	0	0	0	0	30	15	0	1	0	non	6	absence_CaCO3	nul	0	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	1
589	Burtignière	502738	157865	17 07 2013	1	1	0	0	0	0	25	0	0	0	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul	1	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	1
593	Burtignière	502847	157686	17 07 2013	0.5	1	0	0	0	5	0	0	24	0	1	1	non	6	absence_CaCO3	nul	0	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	1
804	ChapelledesBois	495889	158517	19 07 2013	2	3	0	0	0	0	24	0	0	0	1	0	non	6	absence_CaCO3	nul	0	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	1
810	ChapelledesBois	497182	159662	14 08 2013	5	1	0	0	0	0	0	17	0	0	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul	1	HYDROMULL	Stagnic DYSMULL	1
1090	ChapelledesBois	497277	159813	14 08 2013	1	1	0	0	0	0	0	3	0	14	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul	0	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	1
1109	ChapelledesBois	497239	159569	14 08 2013	1	0	0	0	0	0	0	3	0	16	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul	1	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface	1
1115	ChapelledesBois	496768	159097	18 07 2013	2	1	0	0	0	0	0	0	34	0	1	0	non	6	absence_CaCO3	nul	0	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	1
1296	Le Sentier	508334	162703	22 07 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	31	0	1	0	non	6	absence_CaCO3	nul	0	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	1
1496	ChapelledesBois	496612	158923	18 07 2013	1	4	0	0	0	0	0	19	0	17	1	0	non	6	absence_CaCO3	nul	1	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	1
1511	Burtignière	501508	156874	24 07 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	0	29	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul	1	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface Gleyic	1
1512	Burtignière	501527	156941	24 07 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	29	0	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul	1	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	1
1513	Burtignière	501534	156940	24 07 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	0	14	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul	1	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	1
1565	Burtignière	503054	158099	17 07 2013	2	1	0	0	0	0	0	6	17	0	1	0	non	6	absence_CaCO3	nul	0	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	1
1670	Le Sentier	509499	163444	15 08 2013	1	1	0	0	0	0	0	10	14	0	1	0	non	6	absence_CaCO3	nul	0	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	1
485	Burtignière	502185	157277	13 08 2013	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1	0	non	6	decarbonate	nul	1	MESOTERROMULL	Haplic MESOMULL	2
578	Burtignière	501852	156758	24 07 2013	2	1	0	0	0	0	29	20	0	0	1	0	non	6	decarbonate	peu	1	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	2
587	Burtignière	501662	156619	24 07 2013	1	1	0	0	0	0	0	17	12	0	1	0	non	6	decarbonate	nul	0	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	2
597	Burtignière	502647	157819	17 07 2013	2	1	0	0	0	0	0	0	0	29	1	0	non	6	decarbonate	nul	0	DYSTERROMULL	Haplic DYSMULL	2
1095	ChapelledesBois	496144	158872	18 07 2013	5	1	0	0	0	0	0	0	0	32	1	0	non	6	decarbonate	nul	0	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	2
1110	ChapelledesBois	496954	159254	18 07 2013	2	1	0	0	0	0	0	5	0	22	1	0	non	5	decarbonate	peu	0	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	2
1117	ChapelledesBois	496824	159168	18 07 2013	2	1	0	0	0	0	29	0	0	0	1	0	non	5	decarbonate	peu	0	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	2
1118	ChapelledesBois	496809	159149	18 07 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	0	22	1	0	non	6	decarbonate	nul	1	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	2
1377	ChapelledesBois	496845	159462	18 07 2013	2	1	0	0	0	0	0	0	0	20	1	0	non	6	decarbonate	nul	?	OLIGOTERROMULL	Haplic OLIGOMULL	2
1397	Le Sentier	509185	162923	22 07 2013	2	2	0	0	0	0	0	0	28	0	1	0	non	6	decarbonate	peu	1	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic Fluvic OLIGOMULL Drying up at the surface	2
1659	Le Sentier	508902	162764	22 07 2013	1	2	0	0	0	0	0	0	28	0	1	0	non	6	decarbonate	peu	0	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic Fluvic DYSMULL Drying up at the surface	2
1660	Le Sentier	508923	162782	22 07 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	35	0	1	0	non	6	decarbonate	peu	0	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic Fluvic OLIGOMULL Drying up at the surface	2
58/89b	ChapelledesBois	496725	159337	18 07 2013	2	1	0	0	0	0	0	0	0	19	1	0	non	5.5	decarbonate	nul	0	DYSTERROMULL	Haplic DYSMULL	2
508	Le Sentier	509018	163026	12 08 2013	2	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	bcp	6.5	decarbonate	peu	1	EUHISTOANMOOR	Fluvic EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	3
520	Burtignière	503144	157910	13 08 2013	2	0	0	0	0	0	58	0	0	0	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul	0	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	3
571	Burtignière	502017	156978	26 07 2013	2	2	0	0	0	2	38	0	0	0	1	0	bcp	5	absence_CaCO3	nul	1	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	3
1106	ChapelledesBois	497240	159503	14 08 2013	0.5	1	0	0	0	0	36	0	0	0	1	0	peu	6	absence_CaCO3	nul	1	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Gleyic	3
1114	ChapelledesBois	496107	158174	19 07 2013	0.5	1	0	0	0	0	49	0	0	0	1	0	peu	6	absence_CaCO3	nul	1	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	3
1498	ChapelledesBois	496663	158336	14 08 2013	1	0	0	36	0	0	50	0	0	0	1	1	bcp	5	absence_CaCO3	nul	1	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	3
1509	Burtignière	501318	156163	24 07 2013	2	1	0	0	0	0	22	0	0	0	1	0	bcp	6	absence_CaCO3	nul	0	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	3
1716	Burtignière	502079	156951	26 07 2013	2	2	0	0	0	0	40	0	0	0	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul	1	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	3

Releves	Lieu	Coordonnées X	Coordonnées Y	Date	OL_cm	OF_cm	OH_cm	Hf_cm	Hm_cm	Hs_cm	An_cm	Ag_cm	Ah_cm	A_cm	faune (1=oui; 0=non)	evenement_pedol (1=oui; 0=non)	eau_FH	pH_horizon_enracinement	carbonate_horizon_A	HCl_horizon_A_ou_H	mousses (1=oui; 0=non)	FH selon Zanella et al. (2011)	FH selon Jabiol et al. (2013)	groupe
1723	Burtignière	502049	156526	15 07 2013	1	1	0	0	0	0	54	0	0	0	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul	0	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	3
1727	Burtignière	501924	156981	13 08 2013	0	1	0	0	0	0	37	11	0	0	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul	1	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	3
487	Burtignière	502334	157480	13 08 2013	2	0	0	0	0	27	22	28	0	0	1	1	peu	5.5	absence_CaCO3	nul	1	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	4
526	Burtignière	502907	157749	16 07 2013	3	3	0	0	58	2	19	0	0	0	1	1	peu	5	absence_CaCO3	nul	0	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	4
567	Burtignière	502663	157226	15 08 2013	2	1	0	4	30	0	17	0	0	0	1	1	peu	5.5	absence_CaCO3	nul	0	EUHISTOANMOOR de surface et enfoui	EUANMOOR at the top and on the middle of the solum Folic Ombric Garbic	4
577	Burtignière	502063	157013	26 07 2013	4	1	0	0	18	0	30	0	0	0	1	1	peu	5	absence_CaCO3	nul	0	EUHISTOANMOOR	Fluvic EUANMOOR Folic Ombric	4
1510	Burtignière	501497	156892	24 07 2013	3	1	0	0	39	0	25	0	0	0	1	1	peu	5	absence_CaCO3	nul	0	EUHISTOANMOOR superposé à DYSHUMIHISTOMODER	EUANMOOR Folic Gleyic, superposed to DYSHUMIMODER Folic	4
1514	Burtignière	501784	157137	24 07 2013	1	1	0	0	34	0	14	0	0	0	1	1	peu	5	absence_CaCO3	nul	1	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	4
1556	Burtignière	502834	157710	17 07 2013	2	1	7	11	40	10	0	0	0	0	1	1	peu	5	absence_CaCO3	nul	1	DYSTERROMODER superposé à FIBRIHISTOMODER	DYSMODER Folic Ombric superposed to FIBRIMODER Folic Gleyic	4
1566	Burtignière	503181	158011	17 07 2013	3	3	0	0	18	22	16	0	0	0	0	1	peu	6	absence_CaCO3	nul	1	SAPRIHISTOMODER	SAPRIMODER Folic Ombric Garbic	4
1571	Burtignière	502893	157310	25 07 2013	2	1	0	0	61	4	23	0	0	0	1	1	peu	5	absence_CaCO3	nul	1	EUHISTOANMOOR	Epihistic EUANMOOR Folic Ombric Garbic	4
1573	Burtignière	503004	157398	25 07 2013	0.5	1	0	0	0	22	29	0	0	0	1	1	peu	5	absence_CaCO3	nul	1	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	4
1645	Burtignière	501059	156426	24 07 2013	1	0	0	16	34	10	18	0	0	0	1	1	peu	5	absence_CaCO3	nul	1	EUHISTOANMOOR superposé à MESIHISTOMODER	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic, superposed to MESIMODER Folic Ombric	4
12/88a	ChapelledesBois	496738	159245	18 07 2013	3	1	0	0	45	0	29	0	0	0	0	1	bcp	5.5	absence_CaCO3	nul	0	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	4
563	Burtignière	501821	156737	23 07 2013	1	0	0	0	0	0	0	0	0	31	1	0	non	6.5	carbonate	peu	0	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface Calcaric	5
699	Le Sentier	508496	162808	22 07 2013	0	1	0	0	0	0	0	0	0	35	1	0	peu	7	carbonate	bcp	0	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic Fluvic OLIGOMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	5
1224	Le Sentier	509009	163323	12 08 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	0	24	1	0	peu	6	carbonate	bcp	1	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic Fluvic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	5
1297	Le Sentier	508322	162682	22 07 2013	0.5	1	0	0	0	0	0	0	19	0	1	0	non	7	carbonate	peu	0	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	5
1352	Le Sentier	509068	163126	12 08 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	0	17	1	0	peu	7	carbonate	peu	1	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic Fluvic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	5
1376	ChapelledesBois	496689	159347	18 07 2013	2	0	0	0	0	0	0	0	0	30	1	0	non	6	carbonate	peu	1	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface Calcaric	5
1393	Le Sentier	508463	162636	22 07 2013	2	1	0	0	0	0	0	0	47	0	1	0	non	6.5	carbonate	peu	0	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic Fluvic OLIGOMULL Drying up at the surface Calcaric	5
1395	Le Sentier	508552	162772	22 07 2013	2	2	0	0	0	0	0	0	8	14	1	0	non	6	carbonate	bcp	0	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic Fluvic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	5
1398	Le Sentier	509113	163210	13 08 2013	2	1	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	non	6	carbonate	bcp	0	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Calcaric Drying up at the surface	5
1559	Burtignière	502812	157959	17 07 2013	2	2	0	0	0	0	0	0	0	25	1	0	non	6	carbonate	bcp	0	OLIGOTERROMULL	OLIGOMULL Calcaric	5
1570	Burtignière	502760	157244	25 07 2013	2	1	0	0	0	0	0	9	0	15	1	0	peu	6	carbonate	peu	0	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric	5
1601	ChapelledesBois	496343	159053	18 07 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	0	28	1	0	non	6	carbonate	peu	1	OLIGOTERROMULL	OLIGOMULL Calcaric	5
1665	Le Sentier	508870	163131	13 08 2013	1	0	0	0	0	0	0	0	0	20	1	0	non	6	carbonate	bcp	1	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic Fluvic MESOMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	5
1669	Le Sentier	509480	163449	23 07 2013	1	1	0	0	0	0	0	0	14	3	1	0	peu	7	carbonate	bcp	1	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface Calcaric	5
482	Burtignière	502455	157548	13 08 2013	0.5	0	0	46	35	9	0	0	0	0	0	0	bcp	4.5	absence_CaCO3	nul	1	MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	6
506	Le Sentier	509067	163056	12 08 2013	2	0	0	36	0	0	0	17	0	0	0	0	bcp	5	absence_CaCO3	nul	1	EPIHISTOMOR	Epihistic Fluvic HISTOMOR Folic Ombric Garbic	6
514	Burtignière	503038	157312	25 07 2013	2	0	0	21	45	40	0	0	0	0	0	0	bcp	4	absence_CaCO3	nul	1	MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	6
572	Burtignière	502035	156977	26 07 2013	4	1	0	12	36	16	0	0	0	0	0	0	bcp	5	absence_CaCO3	nul	0	MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	6
1351	Le Sentier	509087	163093	12 08 2013	1	0	0	15	20	6	0	0	0	0	0	0	bcp	5	absence_CaCO3	nul	1	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	6
1508	Burtignière	503152	157349	25 07 2013	2	0	0	72	22	0	0	0	0	0	0	0	bcp	4	absence_CaCO3	nul	1	MESIHISTOMOR	MESIMOR Folic Ombric Garbic	6
1608	ChapelledesBois	496250	158919	18 07 2013	2	1	0	44	53	0	0	0	0	0	0	0	bcp	4.5	absence_CaCO3	nul	1	MESIHISTOMOR	MESIMOR Folic Ombric Garbic	6
1609	ChapelledesBois	496271	158890	18 07 2013	1	0	0	70	2	0	0	0	0	0	0	0	bcp	4.5	absence_CaCO3	nul	1	MESIHISTOMOR	MESIMOR Folic Ombric Garbic	6

Releves	Lieu	Coordonnées X	Coordonnées Y	Date	OL_cm	OF_cm	OH_cm	Hf_cm	Hm_cm	Hs_cm	An_cm	Ag_cm	Ah_cm	A_cm	faune (1=oui; 0=non)	evenement_pedol (1=oui; 0=non)	eau_FH	pH_horizon_enracinement	carbonate_horizon_A	HCl_horizon_A_ou_H	mousses (1=oui; 0=non)	FH selon Zanella et al. (2011)	FH selon Jabiol et al. (2013)	groupe
1647	Burtignière	501168	156450	24 07 2013	1	1	0	0	74	30	0	0	0	0	0	0	bcp	5	absence_CaCO3	nul	1	HUMIHISTOMODER	HUMIMODER Folic Ombric Garbic	6
1674	Burtignière	501044	156358	24 07 2013	2	1	0	14	46	39	0	0	0	0	0	0	bcp	5	absence_CaCO3	nul	1	MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	6
1680	Burtignière	502417	157139	25 07 2013	1	0	0	18	33	6	0	0	0	0	0	0	bcp	4	absence_CaCO3	nul	1	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	6
1715	Burtignière	502292	156845	26 07 2013	2	1	0	41	32	16	0	0	0	0	0	0	bcp	5	absence_CaCO3	nul	1	MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	6
507	Le Sentier	508954	163019	12 08 2013	1	0	0	0	0	0	32	0	0	0	1	0	peu	6	decarbonate	peu	1	EUHISTOANMOOR	Fluvic EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	7
570	Burtignière	502017	156950	26 07 2013	3	2	0	0	0	0	0	13	38	0	1	0	peu	5	decarbonate	peu	1	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface Gleyic	7
698	Le Sentier	508397	162727	22 07 2013	1	1	0	0	0	0	39	0	0	0	1	0	peu	6	decarbonate	peu	1	EUHISTOANMOOR	Fluvic EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	7
1392	Le Sentier	508450	162703	22 07 2013	4	2	0	0	0	0	0	0	24	0	1	0	peu	6	decarbonate	peu	0	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	7
1394	Le Sentier	508418	162681	22 07 2013	3	2	0	0	0	0	0	0	47	0	1	0	peu	6	decarbonate	peu	0	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	7
1568	Le Sentier	509196	162964	23 07 2013	1	2	0	0	0	0	30	0	0	0	1	0	peu	6	decarbonate	nul	1	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	7
1642	Burtignière	501412	156304	24 07 2013	4	1	0	0	0	14	61	0	0	0	1	1	peu	6	decarbonate	peu	0	EUHISTOANMOOR	Epihistic EUANMOOR Folic Ombric Garbic	7
1644	Burtignière	501405	156472	24 07 2013	1	5	0	0	0	0	47	10	0	0	1	0	peu	6	decarbonate	peu	1	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	7
1646	Burtignière	501115	156458	24 07 2013	3	1	0	0	0	0	53	18	0	0	1	0	peu	6	decarbonate	peu	1	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	7
1668	Le Sentier	509481	163456	23 07 2013	1	2	0	0	0	0	0	0	8	15	1	0	peu	6	decarbonate	peu	1	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	7
488	Burtignière	502299	157431	13 08 2013	0.5	0	0	0	0	0	0	0	46	0	1	0	peu	6	absence_CaCO3	nul	1	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface Gleyic	8
576	Burtignière	502066	157061	26 07 2013	3	1	0	0	0	0	0	20	22	0	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul	0	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	8
809	ChapelledesBois	497170	159484	14 08 2013	1	1	0	0	0	0	0	5	15	0	1	0	peu	6	absence_CaCO3	nul	1	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	8
1497	ChapelledesBois	496568	158249	14 08 2013	0.5	1	0	0	0	0	0	4	15	0	1	0	peu	5.5	absence_CaCO3	nul	0	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	8
1574	Burtignière	503241	157591	25 07 2013	0.5	1	0	0	0	0	0	11	22	0	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul	1	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface Gleyic	8
1724	Burtignière	502035	156560	15 07 2013	1	2	0	0	0	0	0	0	42	0	1	0	peu	6	absence_CaCO3	nul	1	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface Gleyic	8
5789	ChapelledesBois	497263	159607	14 08 2013	1	0	0	0	0	0	0	10	20	0	0	0	peu	6	absence_CaCO3	nul	1	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface	8
489	Burtignière	502405	157518	13 08 2013	0.5	0	0	65	16	21	0	0	0	0	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul	1	MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	9
492	Burtignière	502263	157309	13 08 2013	2	0	0	25	53	32	0	0	0	0	0	0	peu	5.5	absence_CaCO3	nul	1	MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	9
493	Burtignière	502805	157509	16 07 2013	2	3	0	72	10	10	0	0	0	0	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul	0	MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	9
494	Burtignière	502779	157566	16 07 2013	1	5	0	64	4	13	0	0	0	0	1	0	peu	4	absence_CaCO3	nul	1	MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	9
495	Burtignière	502788	157637	16 07 2013	0.5	5	0	0	47	54	0	0	0	0	1	0	peu	4.5	absence_CaCO3	nul	1	HUMIHISTOAMPHI	HUMIAMPHI Folic Ombric Garbic	9
501	Burtignière	502785	157544	16 07 2013	1	4	0	64	18	0	0	0	0	0	0	0	peu	4	absence_CaCO3	nul	1	MESIHISTOMOR	MESIMOR Folic Ombric Garbic	9
502	Burtignière	502778	157546	16 07 2013	4	5	0	44	41	2	0	0	0	0	0	0	peu	4	absence_CaCO3	nul	0	MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	9
510	Burtignière	502957	157738	16 07 2013	2	0	0	57	23	2	0	0	0	0	0	0	peu	5	absence_CaCO3	nul	1	MESIHISTOMOR	MESIMOR Folic Ombric Garbic	9
511	Burtignière	502951	157735	16 07 2013	1	0	0	26	40	16	0	0	0	0	0	0	peu	5	absence_CaCO3	nul	1	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	9
512	Burtignière	503048	157307	25 07 2013	4	5	0	88	0	0	0	0	0	0	0	0	bcp	4	absence_CaCO3	nul	1	FIBRIHISTOMOR	FIBRIMOR Folic Ombric Garbic	9
582	Burtignière	502119	156654	15 07 2013	4	2	0	8	22	42	0	0	0	0	0	0	peu	5.5	absence_CaCO3	nul	1	SAPRIHISTOMODER	SAPRIMODER Folic Ombric Garbic Gleyic	9
807	ChapelledesBois	495930	158438	19 07 2013	1	1	0	2	47	32	0	0	0	0	0	0	peu	5.5	absence_CaCO3	nul	0	MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	9
1557	Burtignière	502726	157842	17 07 2013	2	1	0	0	21	73	0	0	0	0	0	0	peu	5	absence_CaCO3	nul	0	SAPRIHISTOMODER	SAPRIMODER Folic Ombric Garbic	9
1572	Burtignière	502952	157293	25 07 2013	1	1	0	69	0	10	0	0	0	0	1	0	bcp	4.5	absence_CaCO3	nul	1	FIBRIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	FIBRIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	9
1610	ChapelledesBois	496266	158947	18 07 2013	1	5	0	4	82	2	0	0	0	0	0	0	bcp	4	absence_CaCO3	nul	1	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	9
1677	Burtignière	501748	156850	24 07 2013	1	0	0	45	59	0	0	0	0	0	0	0	peu	4	absence_CaCO3	nul	1	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	9
1719	Burtignière	503134	157568	25 07 2013	1	0	0	0	15	20	0	0	0	0	0	0	peu	5	absence_CaCO3	nul	1	SAPRIHISTOMODER	SAPRIMODER Folic Garbic Gleyic	9
18_06_1988	Burtignière	502181	156710	15 07 2013	3	5	0	28	30	22	0	0	0	0	0	0	peu	5	absence_CaCO3	nul	1	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	9

	COORDONNEES						SOLS	FORMES D'HUMUS		VEGETATION (alliance, association, sous-association, variante, forme) selon synsystème de Gallandat (1982)				
Releves	X	Y	Lieu	Altitude	Exposition	Pente	SOLS selon Référentiel Pédologique	FH selon Zanella et al. (2011)	FH selon Jabiol et al. (2013)	Alliances	Association	Sous-association	variante ou facies	forme
482	502457	157547	Burtignière	1039	130	0	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface, acide, mésotrophe	MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*	-
485	502190	157278	Burtignière	1039	130	1	CALCISOL haplique	MESOTERROMULL	Haplic MESOMULL	*Calthion*	Groupement à *Juncus inflexus*	-		-
487	502340	157477	Burtignière	1032	126	1	REDOXISOL multi-alluvio-colluvial, à horizons sapriques	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*	-
488	502299	157431	Burtignière	1037	138	1	REDUCTISOL TYPIQUE à horizons A et G humifères	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface Gleyic	*Calthion*	Groupement à *Juncus inflexus*	-		-
489	502408	157516	Burtignière	1039	134	0	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons sapriques et mésique en surface, acide, mésotrophe	MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*	-
492	502264	157311	Burtignière	1035	210	0	HISTOSOL MESIQUE à horizons saprique et fibrique en surface, calcique, mésotrophe	MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Carex davalliana*	-
493	502806	157505	Burtignière	1039	238	1	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface, acide, mésotrophe	MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*	-
494	502777	157568	Burtignière	1033	330	4	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface, acide, mésotrophe	MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*	-
495	502788	157640	Burtignière	1032	64	0	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons mésiques, acide, mésotrophe	HUMIHISTOAMPHI	HUMIAMPHI Folic Ombric Garbic	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*	-
497	502762	157641	Burtignière	1035	212	0	REDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère, à horizon saprique de profondeur	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Gleyic	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-
498	502744	157631	Burtignière	1034	32	0	REDOXISOL surrédoxique, à horizons g humifères	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-
501	502782	157543	Burtignière	1037	288	4	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique en surface, acide, mésotrophe	MESIHISTOMOR	MESIMOR Folic Ombric Garbic	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*	-
502	502781	157546	Burtignière	1033	88	1	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques et saprique en surface, acide, mésotrophe	MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*	-
506	509063	163058	Le Sentier	1004	170	0	REDOXISOL épihistique, issu de craie lacustre	EPIHISTOMOR	Epihistic Fluvic HISTOMOR Folic Ombric Garbic	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*	-
507	508956	163016	Le Sentier	1000	30	0	REDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	EUHISTOANMOOR	Fluvic EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante typique	-
508	509016	163026	Le Sentier	998	136	0	REDUCTISOL TYPIQUE leptique, fluvique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	EUHISTOANMOOR	Fluvic EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*	-
510	502958	157743	Burtignière	1031	50	2	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique, acide, oligotrophe	MESIHISTOMOR	MESIMOR Folic Ombric Garbic	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccos*
511	502949	157737	Burtignière	1037	48	2	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, acide, oligotrophe	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccos*
512	503048	157307	Burtignière	1044	150	0	HISTOSOL FIBRIQUE acide, flottant, oligotrophe	FIBRIHISTOMOR	FIBRIMOR Folic Ombric Garbic	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae comaretosum*	variante à *Carex diandra*	-
514	503039	157307	Burtignière	1052	152	2	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques et sapriques en surface et de profondeur, acide, oligotrophe	MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae comaretosum*	variante à *Carex diandra*	-
520	503146	157911	Burtignière	1032	328	1	REDUCTISOL STAGNIQUE leptique	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-
525	502964	157770	Burtignière	1036	168	0	REDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique, à horizons G humifères	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-
526	502904	157750	Burtignière	1031	156	0	HISTOSOL MESIQUE avec présence de charbon et de bois, calcique, eutrophe	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-
529	502881	157744	Burtignière	1034	310	1	REDUCTISOL TYPIQUE surrédoxique, à horizons A et G humifères	HYDROMODER à tendance HEMITERROMODER	Stagnic HEMIMODER Drying up at the surface Gleyic	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-
532	503036	157802	Burtignière	1029	286	0	REDOXISOL à horizons A et g humifères, superposé à HISTOSOL MESIQUE calcique, eutrophe	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL, superposé à HUMIHISTOMODER	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface, superposed to HUMIMODER	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-
534	503053	157892	Burtignière	1034	112	0	REDOXISOL réductique, à horizon g humifère en surface, à horizon histique	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at at the surface	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-
562	501861	156727	Burtignière	1037	150	1	REDOXISOL réductique, surrédoxique, à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-
563	501821	156737	Burtignière	1042	172	0	RENDOSOL - REDOXISOL leptique	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface Calcaric	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*	-
567	502658	157226	Burtignière	1041	300	1	REDOXISOL réductique, multi-histique, à horizons g humifères	EUHISTOANMOOR de surface et enfoui	EUANMOOR at the top and on the middle of the solum Folic Ombric Garbic	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique	-
570	502016	156952	Burtignière	1036	58	0	REDUCTISOL TYPIQUE décarbonaté en surface, à horizon rédoxique, à horizon A humifère en surface	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface Gleyic	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*	-
571	502015	156975	Burtignière	1032	245	0	REDOXISOL leptique, à horizon g humifère, à horizon histique saprique discontinu	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique	-
572	502031	156977	Burtignière	1032	246	0	HISTOSOL MESIQUE rédoxique, à horizons saprique et fibrique en surface, calcique, eutrophe	MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique	-
576	502068	157062	Burtignière	1037	142	0	REDOXISOL à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-
577	502062	157014	Burtignière	1034	294	0	REDOXISOL leptique, à horizon histique mésique en surface	EUHISTOANMOOR	Fluvic EUANMOOR Folic Ombric	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique	-
578	501852	156756	Burtignière	1037	256	0	REDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizon g humifère	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*	-

	COORDONNEES						SOLS	FORMES D'HUMUS		VEGETATION (alliance, association, sous-association, variante, forme) selon synsystème de Gallandat (1982)				
Releves	X	Y	Lieu	Altitude	Exposition	Pente	SOLS selon Référentiel Pédologique	FH selon Zanella et al. (2011)	FH selon Jabiol et al. (2013)	Alliances	Association	Sous-association	variante ou facies	forme
582	502120	156655	Burtignière	1041	320	10	HISTOSOL SAPRIQUE réductique, à horizons mésiques et fibrique, calcique, eutrophe	SAPRIHISTOMODER	SAPRIMODER Folic Ombric Garbic Gleyic	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*	-
587	501661	156616	Burtignière	1040	188	0	REDOXISOL surréoxique, décarbonaté en surface, à horizon A humifère en surface	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique	-
589	502742	157866	Burtignière	1037	148	1	REDUCTISOL STAGNIQUE	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*	-
593	502849	157686	Burtignière	1035	310	0	REDOXISOL à horizons A et g humifères, à horizon histique saprique de profondeur	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*	-
597	502651	157816	Burtignière	1038	144	12	CALCISOL haplique	DYSTERROMULL	Haplic DYSMULL	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*	-
698	508396	162724	Le Sentier	1004	350	0	REDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	EUHISTOANMOOR	Fluvic EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*	-
699	508499	162812	Le Sentier	1007	5	2	REDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic Fluvic OLIGOMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*	-
804	495891	158514	ChapelledesBois	1096	348	1	REDOXISOL surréoxique, à horizons g humifères	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante à *Phragmites australis*	-
807	495929	158441	ChapelledesBois	1098	0	1	HISTOSOL MESIQUE à horizons sapriques en surface, calcique, oligotrophe	MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*	-	-	-
809	497172	159481	ChapelledesBois	1091	138	3	REDOXISOL leptique, surréoxique, à horizon A humifère	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*
810	497180	159666	ChapelledesBois	1098	14	2	REDOXISOL leptique, surréoxique, à horizons g humifères	HYDROMULL	Stagnic DYSMULL	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*
1090	497277	159810	ChapelledesBois	1093	226	5	REDOXISOL leptique, surréoxique, à horizon g humifère	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*
1095	496144	158872	ChapelledesBois	1105	114	0	RENDOSOL - REDOXISOL leptique, décarbonaté en surface	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*
1106	497235	159506	ChapelledesBois	1096	320	0	REDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Gleyic	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante typique	-
1109	497242	159570	ChapelledesBois	1101	136	3	REDOXISOL leptique, surréoxique, à horizon g humifère	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*
1110	496957	159254	ChapelledesBois	1091	170	1	RENDISOL - REDOXISOL leptique	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*
1114	496106	158181	ChapelledesBois	1089	354	5	REDOXISOL réductique, à horizon g humifère	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*	-
1115	496770	159094	ChapelledesBois	1092	200	1	REDOXISOL leptique, à horizons A humifères en surface	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*
1117	496826	159168	ChapelledesBois	1092	144	1	RENDISOL - REDOXISOL leptique	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*
1118	496813	159149	ChapelledesBois	1098	160	2	CALCOSOL - REDOXISOL leptique, décarbonaté en surface	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*
1224	509008	163323	Le Sentier	1005	350	3	REDUCTISOL TYPIQUE calcaire	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic Fluvic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum equisetosum variegati*	-	-
1296	508334	162703	Le Sentier	1004	320	0	REDOXISOL réductique, à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante à *Veratrum album*	-
1297	508320	162685	Le Sentier	1006	-	1	REDOXISOL surréoxique, carbonaté en surface, à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante à *Veratrum album*	-
1351	509087	163097	Le Sentier	1003	0	0	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, calcique, oligotrophe	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*	-
1352	509070	163122	Le Sentier	1003	200	0	REDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic Fluvic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*	-
1376	496692	159347	ChapelledesBois	1104	90	1	REDOXISOL leptique, à horizons A et S calcaires	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface Calcaric	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*
1377	496848	159462	ChapelledesBois	1104	98	3	CALCOSOL décarbonaté en surface	OLIGOTERROMULL	Haplic OLIGOMULL	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*
1392	508450	162707	Le Sentier	1007	340	2	RENDOSOL - REDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizons A humifères	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*	-
1393	508463	162636	Le Sentier	1004	340	1	REDOXISOL réductique, calcaire, issu de craie lacustre, à horizons A humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic Fluvic OLIGOMULL Drying up at the surface Calcaric	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*	-
1394	508415	162681	Le Sentier	1011	340	3	RENDOSOL - REDOXISOL pachique, décarbonaté en surface, à horizons A humifères	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*	-
1395	508551	162770	Le Sentier	1008	320	0	REDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre, à horizon A humifère en surface	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic Fluvic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*	-
1397	509183	162919	Le Sentier	1010	290	0	REDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic Fluvic OLIGOMULL Drying up at the surface	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante à *Veratrum album*	-
1398	509113	163216	Le Sentier	1008	20	1	CALCOSOL - REDOXISOL leptique	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*	-
1496	496612	158922	ChapelledesBois	1092	130	1	REDOXISOL surréoxique	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*
1497	496566	158250	ChapelledesBois	1102	288	2	REDOXISOL surréoxique, avec traces de briques, à horizon A humifère en surface	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*
1498	496660	158335	ChapelledesBois	1110	318	1	HISTOSOL FIBRIQUE calcique, oligotrophe	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*	-	-	-
1508	503152	157349	Burtignière	1047	140	0	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques, acide, oligotrophe	MESIHISTOMOR	MESIMOR Folic Ombric Garbic	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme sèche

	COORDONNEES						SOLS	FORMES D'HUMUS		VEGETATION (alliance, association, sous-association, variante, forme) selon synsystème de Gallandat (1982)				
Releves	X	Y	Lieu	Altitude	Exposition	Pente	SOLS selon Référentiel Pédologique	FH selon Zanella et al. (2011)	FH selon Jabiol et al. (2013)	Alliances	Association	Sous-association	variante ou facies	forme
1509	501321	156163	Burtignière	1041	100	0	REDOXISOL à horizons g humifères	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique	-
1510	501493	156890	Burtignière	1106	316	2	REDUCTISOL TYPIQUE superposé à HISTOSOL MESIQUE calcique, eutrophe	EUHISTOANMOOR superposé à DYSHUMIHISTOMODER	EUANMOOR Folic Gleyic, superposed to DYSHUMIMODER Folic	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*	-	variante à *Cirsium oleraceum*	-
1511	501491	156876	Burtignière	1106	324	2	REDUCTISOL TYPIQUE	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface Gleyic	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*	-	variante à *Cirsium oleraceum*	-
1512	501525	156941	Burtignière	1120	286	2	REDOXISOL à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*	-	variante typique	-
1513	501532	156943	Burtignière	1117	292	2	REDOXISOL surrédoxique, à horizon g humifère	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*	-	variante typique	-
1514	501784	157140	Burtignière	1058	110	5	REDOXISOL multi-fluvique, à horizons mésiques	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*	-
1556	502834	157708	Burtignière	1036	190	0	HISTOSOL MESIQUE acide, oligotrophe, superposé à REDUCTISOL TYPIQUE épihistique	DYSTERROMODER superposé à FIBRIHISTOMODER	DYSMODER Folic Ombric superposed to FIBRIMODER Folic Gleyic	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccus*
1557	502726	157842	Burtignière	1037	330	2	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons mésiques, calcique, oligotrophe	SAPRIHISTOMODER	SAPRIMODER Folic Ombric Garbic	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*	-	-	-
1559	502814	157961	Burtignière	1039	135	10	CALCOSOL haplique	OLIGOTERROMULL	OLIGOMULL Calcaric	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*	-
1565	503059	158102	Burtignière	1029	150	0	REDOXISOL réductique, surrédoxique, à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	*Magnocaricion*	*Caricetum rostratae*	-	-	-
1566	503184	158013	Burtignière	1034	86	2	HISTOSOL SAPRIQUE à horizon d'anmoor intercalé, calcique, mésotrophe	SAPRIHISTOMODER	SAPRIMODER Folic Ombric Garbic	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante à *Trichophorum cespitosum*	forme à *Menyanthes trifoliata*
1568	509197	162962	Le Sentier	1007	174	0	REDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, à horizons g humifères	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante à *Phragmites australis*	-
1570	502761	157241	Burtignière	1042	110	0	REDOXISOL surrédoxique, calcaire, à horizons g humifères, à horizon saprique, à horizon réductique de profondeur	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric	*Magnocaricion*	*Caricetum acutiformis*	-	-	-
1571	502888	157312	Burtignière	1039	320	1	HISTOSOL MESIQUE, calcique, mésotrophe	EUHISTOANMOOR	Epihistic EUANMOOR Folic Ombric Garbic	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*	-
1572	502949	157294	Burtignière	1047	344	1	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon saprique en surface, acide, mésotrophe	FIBRIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	FIBRIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*	-
1573	503002	157396	Burtignière	1047	300	6	REDOXISOL à horizon g humifère, à horizon histique saprique en surface	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*	-
1574	503238	157588	Burtignière	1048	322	1	REDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique, à horizons A et G humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface Gleyic	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*	-
1601	496346	159046	ChapelledesBois	1099	118	2	CALCOSOL haplique	OLIGOTERROMULL	OLIGOMULL Calcaric	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum semperviventis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*
1608	496257	158922	ChapelledesBois	1099	60	0	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique en surface, acide, flottant, oligotrophe	MESIHISTOMOR	MESIMOR Folic Ombric Garbic	*Caricion davallianae*	Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartsia alpina*	-	-	-
1609	496273	158891	ChapelledesBois	1102	106	0	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique, acide, flottant, oligotrophe	MESIHISTOMOR	MESIMOR Folic Ombric Garbic	*Caricion davallianae*	Groupement à *Trichophorum alpinum* et *Bartsia alpina*	-	-	-
1610	496266	158947	ChapelledesBois	1099	210	0	HISTOSOL MESIQUE acide, flottant, oligotrophe	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	*Rhynchosporion albae*	*Rhynchosporetum albae*	-	-	-
1642	501415	156306	Burtignière	1041	188	0	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons An décarbonatés, calcique, eutrophe	EUHISTOANMOOR	Epihistic EUANMOOR Folic Ombric Garbic	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum polemonietosum*	variante à *Carex elata*	-
1644	501404	156475	Burtignière	1036	320	0	REDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizons A et g humifères	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	*Magnocaricion*	*Caricetum rostratae*	-	-	-
1645	501056	156426	Burtignière	1045	330	10	REDUCTISOL TYPIQUE leptique, à horizon rédoxique, superposé à HISTOSOL MESIQUE calcique, mésotrophe	EUHISTOANMOOR superposé à MESIHISTOMODER	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic, superposed to MESIMODER Folic Ombric	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*	-
1646	501115	156456	Burtignière	1049	220	5	REDOXISOL décarbonaté en surface	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*	-
1647	501166	156448	Burtignière	1052	160	2	HISTOSOL MESIQUE à horizon saprique en surface, calcique, oligotrophe	HUMIHISTOMODER	HUMIMODER Folic Ombric Garbic	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae caricetosum flaccae*	variante à *Swertia perennis*	-
1659	508904	162760	Le Sentier	1007	140	0	REDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic Fluvic DYSMULL Drying up at the surface	*Alliarion*	Groupement à *Galeopsis tetrahit* et à graminées	-	-	-
1660	508926	162778	Le Sentier	1005	140	0	REDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic Fluvic OLIGOMULL Drying up at the surface	*Alliarion*	Groupement à *Galeopsis tetrahit* et à graminées	-	-	-
1665	508873	163131	Le Sentier	1005	148	4	REDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic Fluvic MESOMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*	-
1668	509479	163460	Le Sentier	1005	20	0	RENDOSOL - REDOXISOL décarbonaté en surface, à horizon A humifère en surface	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*	-
1669	509480	163451	Le Sentier	1007	10	1	REDOXISOL calcaire, surrédoxique, à horizons A humifères en surface	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface Calcaric	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*	-
1670	509496	163441	Le Sentier	1008	290	0	REDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizons A et g humifères	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante à *Veratrum album*	-
1674	501040	156356	Burtignière	1045	290	2	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques et saprique en surface, calcique, oligotrophe	MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*	-	-	-
1677	501746	156852	Burtignière	1043	110	0	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques en surface et de profondeur, acide, oligotrophe	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccus*
1680	502419	157147	Burtignière	1038	50	5	REDOXISOL épihistique, à horizon réductique de profondeur	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme sèche

	COORDONNEES						SOLS	FORMES D'HUMUS		VEGETATION (alliance, association, sous-association, variante, forme) selon synsystème de Gallandat (1982)				
Releves	X	Y	Lieu	Altitude	Exposition	Pente	SOLS selon Référentiel Pédologique	FH selon Zanella et al. (2011)	FH selon Jabiol et al. (2013)	Alliances	Association	Sous-association	variante ou facies	forme
1715	502294	156844	Burtignière	1050	140	0	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésiques en surface, acide, mésotrophe	MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*	-
1716	502083	156954	Burtignière	1038	100	0	REDOXISOL leptique, à horizon g humifère	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*	-	-	-
1719	503132	157568	Burtignière	1044	330	2	REDUCTISOL TYPIQUE épihistique	SAPRIHISTOMODER	SAPRIMODER Folic Garbic Gleyic	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*	-
1723	502043	156523	Burtignière	1042	300	0	REDOXISOL à horizon g humifère	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*	-
1724	502039	156557	Burtignière	1043	314	1	REDUCTISOL TYPIQUE leptique, à horizons A humifères en surface	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface Gleyic	*Calthion*	Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpino-articulatus*	-	-	-
1727	501923	156984	Burtignière	1040	332	0	REDOXISOL à horizon g humifère	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*	-
5789	497266	159614	ChapelledesBois	1097	84	2	REDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon A humifère en surface	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*
12/88a	496738	159245	ChapelledesBois	1098	114	1	HISTOSOL MESIQUE calcique, oligotrophe	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*	-	-	-
18_06_1988	502182	156707	Burtignière	1038	300	8	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques et saprique, calcique, oligotrophe	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante à *Trichophorum cespitosum*	forme à *Eriophorum vaginatum*
58/89b	496728	159339	ChapelledesBois	1100	108	3	CALCOSOL décarbonaté en surface	DYSTERROMULL	Haplic DYSMULL	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*

Fiche de description de formes d'humus (et sol) Vanessa Rion

[1] Conditions du relevé

Auteur	Lieu	N° du relevé	Coordonnées GPS	Date	Heure	Météo (avant et pendant)

[2] Indications sur station

Exposition	Altitude	Milieu selon JDG	Milieu en 2012-2013 (chgt ou non)	Végétation fournissant la litière	Influence humaine	Présence d'eau dans le relevé (R) et/ou aux alentours (A)	Eau présente dans le carré de FH à … cm depuis la surface	Topographie

[3] HORIZONS

	Ep (cm)	Age (OL)	Transformations	Fragmentation	Cohésion	Nature de la MO	% de MO fine	% matière minérale	Mycélium	Racines	Bryophytes	Fibres	Présence d'eau	Humidité présente	Transition (limites)	Continuité	Couleur	décomposition (Van Post)	pH	HCL	Nom horizon selon Zanella	Nom horizon selon Green	Schéma
		0 = de l'année 1 = plus d'1 an	0 = absence 1 = feuilles blanchies 2 = f. squelettisées	0 = absence 1 = f. blanches 2 = f. atomisées	0 = absence 1 = cohérence 2 = collée	0 =déjections 1 = matériel végétal 2 = mélange 3 = indéterminé	0 = 0% 1 = <10% 2= 30-70% 3= 70-90% 4 = > 90%		0 = absence 1 = présence 2 = abondant	0 = absence 1 = présence 2 = abondantes	0 = absence 1 = présence	0 = non identifiables 1 = plus discernables 2 = identifiables	0 = non 1 = oui	0 = sec 1 = mouillé sans eau qui sort (effet éponge) 2 = eau qui sort (goutte à goutte) 3 = eau sort (petite pression) 4 = dégouline	0 = très nette 1 = nette 2 = graduelle 3 = diffuse 4= indéterminé	0 = continu 1 = discontinu 2 =en poches	code Munsell	1 - 10 (cf feuille)	pH Hellige	0 = nulle 1 = audible, non visible 2 = faible (quelques bulles) 3 = moyenne			
I																							
II																							
III																							
IV																							
V																							
VI																							
VII																							
VIII																							
IX																							
X																							

[4] HORIZON ORGANO-MINERAL

Epaisseur (cm)		
Couleur (Munsell)		
Teneur en MO	absente	
	peu humifère	
	humifère	
	très humifère	
Effervesence HCL	nulle (0)	
	faible (1)	
	moyenne (2)	
	forte (3)	
Texture	sableuse	
	sablo-lim./lim.-sableuse	
	limoneuse	
	limono-argileuse	
	argileuse	
Eléments grossiers	% total	
	% blocs (>20cm)	
	% cailloux (2-20cm)	
	% graviers (0.2-2cm)	

Type de structure	grenue	
	grumeleuse	
	polyédr. ang.	
	polyédr. sub-ang.	
	particulaire	
Taille agrégats	< 1mm	
	1 - 2 mm	
	2 - 5 mm	
	5 - 10 mm	
	10 - 20 mm	
	> 20 mm	
Grade structure	sans agrégats	
	faiblement agrégé	
	moyennement agrégé	
	fortement agrégé	
Stabilité agrégats	sans agrégats	
	peu stable	
	stable	
	très stable	

Racines	absentes	
	peu abondantes	
	abondantes	
	très abondantes	
Transition (limite > A)	diffuse > 8 cm	
	graduelle 4 -8 cm	
	distincte 2 - 4 cm	
	nette < 2 cm	
	très nette	
limite (>A)	régulière	
	ondulée	
	irrégulière	
	interrompue	

pH : ……..
autre structure :
autre texture :
roche parentale :
vides, porosités :

Nom de l'horizon organo-minéral :

[5] Informations complémentaires

Faune	Sondage	Taches d'oxydo-réduction	Profondeur estimée du sol	Profondeur estimée de la nappe	Matériel parental

FORMES D'HUMUS selon Zanella et al. (2012) :

FORMES D'HUMUS selon Green et al. (1993) :

Annexes C

ANNEXES
APPROCHE DIACHRONIQUE

Numéro	Nom	Abreviation
1700	*Achillea millefolium*	ACMIL
3600	*Aconitum napellus* aggr.	ACCOM
3800	*Aconitum neomontanum*	ACPYR
7700	*Agropyron caninum*	AGRCA
8100	*Agropyron repens*	AGREP
8500	*Agrostis canina*	AGCAN
8600	*Agrostis capillaris*	AGCAP
600054	*Agrostis* spec.	
9300	*Agrostis stolonifera*	AGSTO
10400	*Ajuga reptans*	AJREP
14000	*Alchemilla fissa* aggr.	ALFIS
15000	*Alchemilla glabra* aggr.	ALGLA
21100	*Alchemilla vulgaris* aggr.	ALXAN
24200	*Allium schoenoprasum*	ALSCH
26000	*Alopecurus pratensis*	ALPRA
31000	*Andromeda polifolia*	ANPOL
33400	*Anemone narcissiflora*	ANNAR
34100	*Angelica sylvestris*	ANSYL
34400	*Antennaria dioica*	ANDIO
35400	*Anthoxanthum odoratum*	ANODO
35900	*Anthriscus sylvestris*	CHSIL
36900	*Anthyllis vulneraria* subsp. *alpestris*	ANTAL
40600	*Arabis hirsuta*	ARHIR
44300	*Arenaria serpyllifolia*	ARSER
52000	*Aster bellidiastrum*	BEMIC
55200	*Astrantia major*	ASMAJ
55700	*Athyrium filix-femina*	ATFIL
56500	*Atropa bella-donna*	ATBEL
58700	*Bartsia alpina*	BAALP
60500	*Betula pubescens*	BEPUB
62800	*Blysmus compressus*	BLCOM
63900	*Brachypodium pinnatum*	BRPIN
65200	*Briza media*	BRMED
65700	*Bromus erectus* s.str.	BRERE
67200	*Bromus sterilis*	BRSTE
70700	*Calamagrostis canescens*	CALAN
71400	*Calamagrostis varia*	CAVAR
73600	*Calluna vulgaris*	CALVU
73700	*Caltha palustris*	CALTP
77000	*Campanula rhomboidalis*	CARHO
77100	*Campanula rotundifolia*	CAROT
79800	*Cardamine pratensis*	CAPRA
80600	*Cardamine udicola*	CAUDI
82900	*Carex acuta*	CAGRA
83000	*Carex acutiformis*	CAACU
84600	*Carex canescens*	CACAN
84900	*Carex caryophyllea*	CAVER
85700	*Carex davalliana*	CADAV
86000	*Carex diandra*	CADIA
86700	*Carex echinata*	CARST
86800	*Carex elata*	CAELA
87500	*Carex flacca*	CAFLA
87600	*Carex flava*	CARFL
88600	*Carex hirta*	CARHI
88700	*Carex hostiana*	CAHOS
89200	*Carex lasiocarpa*	CALAS
89400	*Carex lepidocarpa*	CALEP
89500	*Carex leporina*	CARLE
90300	*Carex montana*	CAMON
90700	*Carex nigra*	CANIG
91200	*Carex ornithopoda*	CAORN
91600	*Carex pallescens*	CARPA
91700	*Carex panicea*	CAPAN
91800	*Carex paniculata*	CAPAT
92100	*Carex pauciflora*	CAPAU
93100	*Carex pulicaris*	CARPU
93700	*Carex rostrata*	CAROS
93900	*Carex sempervirens*	CASEM
600395	*Carex* spec.	
94700	*Carex sylvatica*	CASIL
94800	*Carex tomentosa*	CATOM
95000	*Carex umbrosa*	CAUMB

Numéro	Nom	Abreviation
97100	*Carum carvi*	CACAR
98800	*Centaurea jacea* s.str.	CEJAC
99200	*Centaurea montana*	CEMON
100000	*Centaurea scabiosa* s.str.	CESCA
102600	*Cerastium arvense* s.str.	CEARV
103800	*Cerastium fontanum* subsp. *vulgare*	CECAE
106200	*Chaerophyllum aureum*	CHAUR
106700	*Chaerophyllum hirsutum*	CHCIC
107100	*Chaerophyllum villarsii*	CHVIL
600492	*Chenopodium* spec.	
113700	*Cirsium acaule*	CIACA
114100	*Cirsium eriophorum* s.str.	CIERE
114800	*Cirsium oleraceum*	CIOLE
114900	*Cirsium palustre*	CIPAL
115100	*Cirsium rivulare*	CISAL
115400	*Cirsium tuberosum*	CITUB
116600	*Clinopodium vulgare*	SAVUL
117200	*Coeloglossum viride*	COVIR
117700	*Colchicum autumnale*	COAUT
123100	*Crepis biennis*	CRBIE
124000	*Crepis mollis*	CRMOL
124300	*Crepis paludosa*	CRPAL
125800	*Crocus albiflorus*	CRALB
126300	*Cruciata laevipes*	CRLAE
129400	*Cynosurus cristatus*	CYCRI
131800	*Dactylis glomerata*	DAGLO
132200	*Dactylorhiza fistulosa*	ORLAT
132300	*Dactylorhiza incarnata*	ORINC
133100	*Danthonia decumbens*	SIDEC
133500	*Daphne laureola*	DALAU
133600	*Daphne mezereum*	DAMEZ
134800	*Deschampsia cespitosa*	DECAE
136800	*Dianthus superbus*	DISUP
142100	*Drosera intermedia*	DRINT
142300	*Drosera rotundifolia*	DRROT
145900	*Eleocharis quinqueflora*	HEPAU

Numéro	Nom	Abreviation
147300	*Epilobium alpestre*	EPALE
148300	*Epilobium hirsutum*	EPHIR
148600	*Epilobium montanum*	EPMON
148800	*Epilobium obscurum*	EPOBS
148900	*Epilobium palustre*	EPPAL
149000	*Epilobium parviflorum*	EPPAR
149100	*Epilobium roseum*	EPROS
149600	*Epipactis atrorubens*	EPATR
150300	*Epipactis palustris*	EPIPA
150700	*Equisetum fluviatile*	EQLIM
151100	*Equisetum palustre*	EQPAL
151400	*Equisetum sylvaticum*	EQSIL
151600	*Equisetum variegatum*	EQVAR
155200	*Eriophorum angustifolium*	ERANG
155400	*Eriophorum latifolium*	ERLAT
155600	*Eriophorum vaginatum*	ERVAG
157400	*Erysimum cheiranthoides*	ERYCH
161800	*Euphorbia verrucosa*	EUVER
163600	*Euphrasia rostkoviana*	EUROS
600791	*Euphrasia spec.*	
166100	*Festuca arundinacea* s.l.	FEARU
168500	*Festuca ovina*	FEOVI
169200	*Festuca pratensis* s.str.	FESPR
170100	*Festuca rubra*	FESRU
600813	*Festuca* spec.	
173100	*Filipendula ulmaria*	FIULM
174000	*Frangula alnus*	FRALN
177100	*Galeopsis tetrahit*	GATET
177600	*Galium aparine*	GAAPA
178000	*Galium boreale*	GABOR
178200	*Galium elongatum*	GAELO
178900	*Galium mollugo*	GAMOL
179400	*Galium palustre*	GAPAL
179700	*Galium pumilum*	GAPUM
180700	*Galium uliginosum*	GAULI
181000	*Galium verum* s.str.	GAVER

Numéro	Nom	Abreviation
182100	*Genista tinctoria*	GETIN
183200	*Gentiana campestris* s.str.	GENCA
183400	*Gentiana ciliata*	GECIL
183600	*Gentiana cruciata*	GECRU
184100	*Gentiana lutea*	GELUT
185400	*Gentiana verna*	GEVER
189300	*Geranium sylvaticum*	GESIL
189600	*Geum rivale*	GERIV
189700	*Geum urbanum*	GEURB
191700	*Glyceria notata*	GLPLI
193200	*Gymnadenia conopsea*	GYCON
194900	*Helianthemum nummularium* s.str.	HENUM
196700	*Helictotrichon pratense*	HEPRA
196800	*Helictotrichon pubescens*	HEPUB
198600	*Heracleum sphondylium* s.str.	HESPH
202100	*Hieracium lactucella*	HIAUR
202700	*Hieracium murorum* aggr.	HIMUR
203400	*Hieracium pilosella*	HIPIL
206100	*Hierochloe odorata*	HIODO
206300	*Hippocrepis comosa*	HICOM
206800	*Holcus lanatus*	HOLAN
207300	*Homogyne alpina*	HOALP
210700	*Hypericum maculatum* s.str.	HYMAC
212000	*Hypochaeris maculata*	HYPMA
215600	*Iris sibirica*	IRSIB
217700	*Juncus alpinoarticulatus*	JUALP
218100	*Juncus articulatus*	JUART
218600	*Juncus compressus*	JUNCP
218800	*Juncus effusus*	JUEFF
218900	*Juncus filiformis*	JUFIL
219100	*Juncus inflexus*	JUINF
221400	*Knautia arvensis*	KNARV
221500	*Knautia dipsacifolia* s.str.	KNSIL
223900	*Koeleria pyramidata*	KOPYR
225800	*Lamium galeobdolon* s.str.	LAMGA
227700	*Laserpitium latifolium*	LALAT

Numéro	Nom	Abreviation
230400	*Lathyrus pratensis*	LAPRA
233100	*Leontodon hispidus* s.str.	LEOHI
236200	*Leucanthemum adustum*	CHADU
236900	*Leucanthemum vulgare* aggr.	CHPRA
237100	*Leucojum vernum*	LEVER
241100	*Linum catharticum*	LICAT
242000	*Listera ovata*	LIOVA
242800	*Lolium perenne*	LOPER
243900	*Lonicera nigra*	LONIG
244400	*Lotus corniculatus*	LOCOR
246100	*Luzula campestris*	LUCAM
247100	*Luzula multiflora*	LUMUL
255300	*Medicago lupulina*	MELUP
256500	*Melampyrum pratense*	MEPRA
256600	*Melampyrum sylvaticum*	MESIL
258000	*Mentha aquatica*	MEAQU
258100	*Mentha arvensis*	MENAR
258500	*Mentha spicata*	MESPI
258800	*Menyanthes trifoliata*	METRI
263400	*Molinia caerulea*	MOCOE
266800	*Myosotis scorpioides*	MYPAL
267100	*Myosotis sylvatica*	MYOSY
268700	*Narcissus poeticus*	NAPOE
269000	*Narcissus radiiflorus*	NARAD
269700	*Nardus stricta*	NASTR
271700	*Nigritella rhellicani*	NINIG
277900	*Ophioglossum vulgatum*	OPVUL
282600	*Origanum vulgare*	ORVUL
287300	*Oxalis acetosella*	OXACE
292600	*Paris quadrifolia*	PAQUA
292700	*Parnassia palustris*	PAPAL
294600	*Pedicularis palustris*	PEDPA
297900	*Phalaris arundinacea*	TYARU
300000	*Phleum pratense*	PHPRA
300300	*Phragmites australis*	PHCOM
301800	*Phyteuma orbiculare*	PHORB

Numéro	Nom	Abreviation
302400	*Phyteuma spicatum*	PHSPI
302800	*Picea abies*	PIEXC
303800	*Pimpinella major*	PIMAJ
304000	*Pimpinella saxifraga*	PISAX
304800	*Pinguicula vulgaris*	PIVUL
305800	*Pinus mugo* subsp. *uncinata*	PIMON
307800	*Plantago lanceolata*	PLLAN
307900	*Plantago major* s.str.	PLMAJ
308100	*Plantago media*	PLMED
308400	*Platanthera bifolia*	PLBIF
308500	*Platanthera chlorantha*	PLCHL
310600	*Poa palustris*	POPAL
310800	*Poa pratensis*	POPRA
311300	*Poa trivialis* s.str.	POTRI
311900	*Polemonium caeruleum*	POCOE
312500	*Polygala amarella*	POAMA
313200	*Polygala vulgaris* s.str.	POVUL
314400	*Polygonum bistorta*	POBIS
322400	*Potentilla erecta*	POERE
323800	*Potentilla palustris*	COPAL
326000	*Primula elatior* s.str.	PRELA
326200	*Primula farinosa*	PRFAR
327200	*Primula veris* s.str.	PRVER
328100	*Prunella vulgaris*	PRVUL
332900	*Pulmonaria officinalis*	PUMAC
334700	*Pyrola rotundifolia*	PYROT
336500	*Ranunculus aconitifolius*	RAACO
336700	*Ranunculus acris* subsp. *friesianus*	RAFRI
337300	*Ranunculus auricomus* aggr.	RAAUR
339500	*Ranunculus montanus*	RAMON
339605	*Ranunculus nemorosus* aggr.	RANEM
340300	*Ranunculus platanifolius*	RAPLA
340500	*Ranunculus polyanthemophyllus*	RANPO
340900	*Ranunculus repens*	RAREP
344100	*Rhinanthus alectorolophus*	RHALE
344800	*Rhinanthus minor*	RHMIN

Numéro	Nom	Abreviation
345800	*Rhynchospora alba*	RHALB
354400	*Rubus idaeus*	RUIDA
358900	*Rumex acetosa*	RUACE
359900	*Rumex crispus*	RUCRI
360400	*Rumex obtusifolius*	RUOBT
362100	*Sagina nodosa*	SANOD
363700	*Salix caprea*	SACAP
363800	*Salix cinerea*	SACIN
365000	*Salix myrsinifolia*	SALNI
365500	*Salix pentandra*	SAPEN
365800	*Salix purpurea*	SAPUR
366000	*Salix repens*	SAREP
601719	*Salix spec.*	
366400	*Salix triandra*	SATRI
368700	*Sanguisorba minor* s.str.	SAMIN
369000	*Sanguisorba officinalis*	SAOFF
376600	*Scabiosa columbaria* s.str.	SCCOL
377100	*Scabiosa lucida*	SCLUC
379000	*Schoenus ferrugineus*	SCFER
379700	*Scirpus sylvaticus*	SCSIL
381200	*Scorzonera humilis*	SCHUM
382100	*Scrophularia nodosa*	SCNOD
382600	*Scutellaria galericulata*	SCGAL
386300	*Selaginella selaginoides*	SESEL
386400	*Selinum carvifolia*	SECAR
391000	*Serratula tinctoria* s.str.	SETIN
392200	*Sesleria caerulea*	SECOE
394200	*Silaum silaus*	SISEL
394900	*Silene dioica*	SIDIO
395200	*Silene flos-cuculi*	SILFC
397300	*Silene vulgaris* s.str.	SIVUL
401400	*Solidago virgaurea* s.str.	SOVIR
406100	*Stachys officinalis* s.str.	BEOFF
407100	*Stellaria alsine*	STALS
407500	*Stellaria graminea*	STGRA
408100	*Stellaria nemorum* s.str.	STNEM

Numéro	Nom	Abreviation
410100	*Succisa pratensis*	SUPRA
410300	*Swertia perennis*	SWPER
413100	*Taraxacum officinale* aggr.	TAOFF
414200	*Tephroseris helenitis*	SESPA
415500	*Thalictrum aquilegiifolium*	THAQU
417700	*Thesium pyrenaicum*	THPYR
418800	*Thlaspi perfoliatum*	THPER
421000	*Thymus pulegioides* s.str.	THPUL
421600	*Tofieldia calyculata*	TOCAL
423600	*Traunsteinera globosa*	ORGLO
423800	*Trichophorum alpinum*	TCHAL
423900	*Trichophorum cespitosum*	TRCAE
425600	*Trifolium hybridum* s.str.	TRHYB
426000	*Trifolium medium*	TRMED
426300	*Trifolium montanum*	TRMON
426900	*Trifolium pratense* s.str.	TRPRA
427200	*Trifolium repens* s.str.	TRIRE
429400	*Trisetum flavescens*	TRFLA
430600	*Trollius europaeus*	TREUR
432000	*Tussilago farfara*	TUFAR
433400	*Urtica dioica*	URDIO
434800	*Vaccinium myrtillus*	VAMYR
434900	*Vaccinium oxycoccos*	OXQUA
435000	*Vaccinium uliginosum*	VACUL
435300	*Vaccinium vitis-idaea*	VAVIT
435600	*Valeriana dioica*	VADIO
435800	*Valeriana officinalis*	VALOF
436200	*Valeriana repens*	VAPRO
437900	*Veratrum album* s.l.	VERAL
441000	*Veronica beccabunga*	VEBEC
441400	*Veronica chamaedrys*	VECHA
442400	*Veronica officinalis*	VEOFF
443300	*Veronica scutellata*	VESCU
443400	*Veronica serpyllifolia* s.str.	VERSE
444400	*Viburnum opulus*	VIOPU
445000	*Vicia cracca* s.str.	VICRA
447000	*Vicia sativa* s.str.	VISAT
447400	*Vicia sepium*	VISEP
450300	*Viola hirta*	VIHIR
451100	*Viola palustris*	VIPAL

								VALEURS DE LANDOLT								
Releves	**Nombre espèces**	**SH**	**SHN1**	**SIMP**	**PIEL**	**SHev**	**SIMPev**	**T**	**K**	**L**	**F**	**W**	**R**	**N**	**H**	**D**
1090_JDG	51	3.294	26.964	19.181	0.838	0.529	0.376	3.001	3.358	3.568	2.931	2.234	3.513	2.560	3.795	1.807
1090_VR	34	2.548	12.777	7.199	0.722	0.376	0.212	3.068	2.895	3.784	3.567	2.640	3.595	2.323	4.340	1.302
1095_JDG	40	3.011	20.303	15.245	0.816	0.508	0.381	3.056	3.109	3.726	3.148	2.268	3.246	2.642	3.984	1.368
1095_VR	37	2.641	14.024	9.579	0.731	0.379	0.259	3.021	3.040	3.691	3.657	2.814	3.411	2.668	4.667	1.170
1106_JDG	17	2.062	7.858	6.652	0.728	0.462	0.391	2.969	3.006	3.955	4.167	2.825	2.789	2.338	4.985	1.002
1106_VR	26	2.237	9.366	5.645	0.687	0.360	0.217	2.953	3.037	3.765	3.985	2.607	3.625	2.285	4.691	1.013
1109_JDG	49	2.965	19.389	10.771	0.762	0.396	0.220	2.907	3.421	3.462	2.866	2.166	3.393	2.594	4.028	1.769
1109_VR	30	2.314	10.118	6.415	0.680	0.337	0.214	3.022	2.822	3.641	3.715	2.680	3.620	2.397	4.569	1.176
1110_JDG	31	2.702	14.914	11.157	0.787	0.481	0.360	3.048	3.270	3.843	3.162	2.178	3.379	2.645	3.938	1.818
1110_VR	21	2.272	9.701	8.158	0.746	0.462	0.388	3.101	3.289	3.530	3.302	2.765	3.606	2.512	4.321	1.366
1114_JDG	25	1.814	6.135	3.089	0.564	0.245	0.124	3.014	2.982	3.064	3.755	2.501	3.046	3.814	4.324	1.165
1114_VR	23	1.884	6.578	3.206	0.601	0.286	0.139	2.925	3.028	3.103	3.826	2.577	3.033	3.765	4.596	1.207
1115_JDG	54	3.212	24.820	17.574	0.805	0.460	0.325	2.902	3.371	3.647	2.833	2.121	3.521	2.507	3.796	2.031
1115_VR	30	2.480	11.940	8.933	0.729	0.398	0.298	3.090	3.222	3.717	3.412	2.741	3.334	2.635	4.525	1.236
1117_JDG	36	2.680	14.580	8.545	0.748	0.405	0.237	2.989	3.477	3.689	3.125	2.290	3.616	2.339	4.094	1.726
1117_VR	17	2.045	7.731	5.668	0.722	0.455	0.333	3.005	3.283	3.774	3.646	2.899	3.384	2.390	4.640	1.038
1118_JDG	45	3.156	23.486	15.712	0.829	0.522	0.349	3.012	3.344	3.531	3.060	2.447	3.389	2.342	4.054	1.565
1118_VR	28	2.505	12.246	9.530	0.752	0.437	0.340	3.005	3.431	3.389	3.239	2.470	3.656	2.404	4.266	1.432
1224_JDG	33	2.586	13.272	8.426	0.740	0.402	0.255	3.058	3.122	3.755	3.844	2.688	3.692	2.095	4.645	1.095
1224_VR	26	2.366	10.655	5.708	0.726	0.410	0.220	3.104	3.147	3.759	3.607	2.460	3.770	2.163	4.273	1.380
1296_JDG	35	2.698	14.844	9.330	0.759	0.424	0.267	3.073	2.975	3.537	3.838	2.540	3.387	2.508	4.564	1.169
1296_VR	26	2.433	11.393	8.470	0.747	0.438	0.326	3.449	3.192	3.475	3.259	2.210	2.750	2.873	4.152	1.884
1297_JDG	41	2.822	16.802	10.137	0.760	0.410	0.247	3.151	2.954	3.522	3.688	2.317	3.325	2.665	4.248	1.444
1297_VR	29	2.669	14.424	10.416	0.793	0.497	0.359	3.163	2.764	3.600	3.437	1.736	3.065	3.353	3.522	1.504
1351_JDG	15	1.546	4.694	2.883	0.571	0.313	0.192	3.356	3.019	3.806	4.364	2.442	3.747	2.291	4.670	1.000
1351_VR	21	2.252	9.503	6.856	0.740	0.453	0.326	3.188	2.836	3.804	4.389	2.572	3.477	2.378	4.791	1.000
1352_JDG	26	1.931	6.894	3.910	0.593	0.265	0.150	3.341	3.020	3.651	4.175	2.520	3.760	2.387	4.627	1.018
1352_VR	28	2.465	11.762	7.153	0.740	0.420	0.255	3.214	3.035	3.494	3.669	2.707	3.586	2.433	4.525	1.021
1376_JDG	44	3.072	21.589	11.995	0.812	0.491	0.273	2.971	3.702	3.727	2.712	2.123	3.730	2.181	3.708	2.109
1376_VR	43	2.869	17.611	9.497	0.763	0.410	0.221	3.054	3.034	3.426	3.301	2.637	3.577	2.544	4.172	1.269
1377_JDG	48	3.289	26.816	20.369	0.850	0.559	0.424	2.661	3.574	3.919	2.717	1.878	3.885	2.289	3.488	2.311
1377_VR	31	2.390	10.914	7.870	0.696	0.352	0.254	2.783	3.251	3.675	3.356	2.548	3.306	2.467	4.155	1.339
1392_JDG	36	2.816	16.706	11.392	0.786	0.464	0.316	3.210	3.221	3.593	3.102	2.674	3.551	2.287	4.145	1.720
1392_VR	23	2.411	11.148	7.735	0.769	0.485	0.336	3.168	3.196	3.323	3.497	2.749	3.120	2.768	4.134	1.279

								VALEURS DE LANDOLT								
Releves	**Nombre espèces**	**SH**	**SHN1**	**SIMP**	**PIEL**	**SHev**	**SIMPev**	**T**	**K**	**L**	**F**	**W**	**R**	**N**	**H**	**D**
1393_JDG	31	2.631	13.887	10.012	0.766	0.448	0.323	3.304	3.319	3.423	3.404	2.662	3.198	2.547	4.478	1.473
1393_VR	16	1.790	5.990	4.024	0.646	0.374	0.252	3.092	3.242	3.255	3.657	2.889	3.216	2.595	3.863	1.118
1394_JDG	33	2.745	15.560	11.590	0.785	0.472	0.351	2.981	3.173	3.525	3.321	2.740	3.430	2.341	4.484	1.605
1394_VR	20	2.246	9.451	6.654	0.750	0.473	0.333	3.057	3.313	3.397	3.439	2.771	3.206	2.359	4.237	1.397
1395_JDG	22	1.991	7.326	4.477	0.644	0.333	0.203	2.709	3.498	3.859	2.795	2.473	3.643	2.068	3.931	2.842
1395_VR	26	2.239	9.379	6.419	0.687	0.361	0.247	3.091	3.019	3.297	3.644	2.924	3.270	2.582	4.080	1.008
1397_JDG	30	2.389	10.901	5.835	0.702	0.363	0.194	2.971	3.064	3.695	3.797	2.608	3.141	3.460	4.318	1.199
1397_VR	24	2.576	13.147	10.452	0.811	0.548	0.435	3.084	3.044	3.616	3.783	2.131	3.005	3.362	4.144	1.316
1398_JDG	40	2.508	12.286	6.061	0.680	0.307	0.152	2.897	3.241	3.899	2.799	2.320	3.255	2.083	3.839	2.613
1398_VR	28	2.627	13.835	9.465	0.788	0.494	0.338	3.001	3.309	3.710	3.039	2.218	3.340	2.434	3.941	1.844
1496_JDG	53	3.322	27.716	18.550	0.837	0.523	0.350	2.828	3.182	3.747	3.283	2.524	3.238	2.611	4.290	1.466
1496_VR	28	2.519	12.417	8.588	0.756	0.443	0.307	2.740	3.000	3.708	3.605	2.561	3.456	2.637	4.170	1.351
1497_JDG	67	3.636	37.934	26.626	0.865	0.566	0.397	3.039	3.060	3.737	3.381	2.334	3.312	2.630	4.013	1.561
1497_VR	43	2.897	18.127	13.168	0.770	0.422	0.306	2.955	2.956	3.630	3.634	2.591	3.164	2.670	4.053	1.209
1498_JDG	52	3.408	30.191	22.110	0.862	0.581	0.425	2.899	3.002	3.717	3.624	2.655	3.495	2.565	4.240	1.251
1498_VR	28	2.076	7.969	4.146	0.623	0.285	0.148	2.973	2.979	3.648	4.260	2.677	3.001	2.463	4.890	1.014
1508_JDG	26	2.662	14.324	10.884	0.817	0.551	0.419	2.968	2.870	3.478	3.749	2.760	2.082	2.164	4.760	1.174
1508_VR	18	2.121	8.339	6.860	0.734	0.463	0.381	2.799	2.868	3.567	3.692	2.871	1.905	1.886	4.988	1.156
1509_JDG	27	2.447	11.555	5.865	0.742	0.428	0.217	3.057	2.886	3.418	3.990	2.680	3.451	3.725	3.830	1.209
1509_VR	19	2.474	11.865	9.151	0.840	0.624	0.482	3.140	2.900	3.235	4.057	2.772	3.315	3.810	4.156	1.090
1510_JDG	28	2.569	13.056	8.943	0.771	0.466	0.319	3.012	2.426	3.057	3.977	2.402	3.341	3.593	3.857	1.013
1510_VR	29	2.579	13.182	9.048	0.766	0.455	0.312	2.905	2.574	3.154	4.095	2.645	3.083	3.468	4.036	1.138
1511_JDG	26	1.422	4.147	2.421	0.437	0.159	0.093	2.996	2.176	2.921	3.643	2.006	3.581	3.815	3.320	1.066
1511_VR	18	2.348	10.461	8.262	0.812	0.581	0.459	2.901	2.513	2.993	3.993	2.590	3.044	3.685	3.762	1.103
1512_JDG	29	2.427	11.322	6.753	0.721	0.390	0.233	2.933	2.481	3.023	4.242	2.691	3.057	3.367	4.003	1.006
1512_VR	22	2.471	11.838	9.007	0.800	0.538	0.409	3.018	2.632	3.017	3.824	2.516	3.368	3.590	3.887	1.281
1513_JDG	25	2.554	12.852	8.678	0.793	0.514	0.347	2.957	2.631	3.005	3.715	2.345	3.326	3.524	3.895	1.338
1513_VR	26	2.589	13.317	10.300	0.795	0.512	0.396	3.000	2.652	2.933	3.855	2.486	3.306	3.620	4.061	1.333
1514_JDG	15	2.067	7.900	6.003	0.763	0.527	0.400	2.718	3.308	3.834	3.713	2.607	3.635	2.161	3.730	1.123
1514_VR	36	2.655	14.225	9.202	0.741	0.395	0.256	3.062	2.693	3.578	4.132	2.711	3.180	3.474	4.405	1.103
1556_JDG	25	2.769	15.946	13.128	0.860	0.638	0.525	2.912	2.936	3.628	3.762	2.659	1.993	1.878	4.750	1.230
1556_VR	14	1.960	7.102	5.773	0.743	0.507	0.412	2.880	2.591	3.358	3.580	2.679	1.759	1.964	4.985	1.088
1559_JDG	4	1.011	2.747	2.473	0.729	0.687	0.618	3.000	3.000	3.540	4.730	2.984	3.000	3.000	3.921	1.000
1559_VR	38	2.988	19.849	13.775	0.821	0.522	0.362	3.215	2.933	3.408	3.537	2.605	3.328	3.624	3.448	1.229

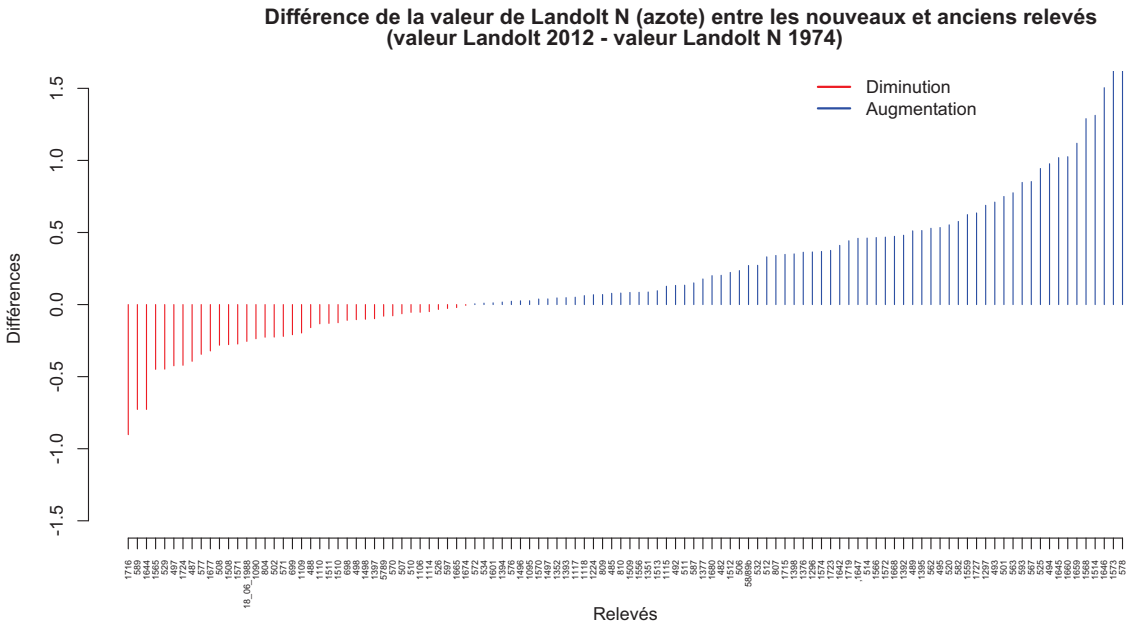
								VALEURS DE LANDOLT								
Releves	Nombre espèces	SH	SHN1	SIMP	PIEL	SHev	SIMPev	T	K	L	F	W	R	N	H	D
1565_JDG	22	2.435	11.411	8.416	0.788	0.519	0.383	3.165	2.782	3.218	3.644	2.535	2.100	2.512	4.259	1.329
1565_VR	8	0.333	1.395	1.136	0.160	0.174	0.142	3.003	2.995	3.953	4.943	2.958	2.052	2.063	4.979	1.000
1566_JDG	35	2.995	19.988	14.307	0.842	0.571	0.409	2.873	3.094	3.835	4.261	2.827	3.224	2.016	4.827	1.047
1566_VR	38	2.995	19.987	15.574	0.823	0.526	0.410	2.987	2.909	3.657	4.091	2.748	3.376	2.481	4.402	1.027
1568_JDG	12	1.046	2.846	1.894	0.421	0.237	0.158	3.722	2.981	3.796	3.985	2.988	3.716	2.469	4.963	1.000
1568_VR	12	1.173	3.230	1.914	0.472	0.269	0.160	3.093	2.889	3.166	4.146	2.905	3.000	3.759	4.850	1.000
1570_JDG	13	1.380	3.975	2.307	0.538	0.306	0.177	3.101	2.954	3.786	3.783	2.726	3.641	3.954	3.100	1.199
1570_VR	3	0.043	1.044	1.013	0.039	0.348	0.338	3.497	2.994	3.001	4.500	3.000	3.993	3.992	4.989	1.000
1571_JDG	30	2.238	9.374	4.507	0.658	0.312	0.150	3.296	2.926	3.101	3.744	2.581	2.524	3.598	3.516	1.108
1571_VR	35	2.543	12.720	7.522	0.715	0.363	0.215	3.168	2.923	3.164	3.625	2.521	2.920	3.324	3.335	1.240
1572_JDG	31	2.997	20.024	15.568	0.873	0.646	0.502	3.001	2.887	3.392	3.501	2.472	2.448	2.499	4.384	1.221
1572_VR	28	2.639	14.001	10.546	0.792	0.500	0.377	2.975	2.981	3.331	3.811	2.821	2.670	2.967	4.852	1.049
1573_JDG	25	2.769	15.946	13.128	0.860	0.638	0.525	2.924	2.831	3.301	3.640	2.703	2.152	2.270	4.351	1.081
1573_VR	19	1.964	7.126	4.761	0.667	0.375	0.251	2.848	2.892	3.127	3.907	2.768	2.954	3.961	4.680	1.013
1574_JDG	42	3.175	23.920	17.265	0.849	0.570	0.411	3.093	2.954	3.580	3.607	2.190	3.092	3.038	3.647	1.455
1574_VR	47	2.948	19.072	12.503	0.766	0.406	0.266	3.041	2.826	3.400	3.427	2.213	2.741	3.407	3.836	1.189
1601_JDG	39	2.888	17.948	11.558	0.788	0.460	0.296	2.817	3.244	3.524	3.224	2.380	3.585	2.441	4.079	1.547
1601_VR	43	2.778	16.083	11.618	0.739	0.374	0.270	2.938	3.167	3.571	3.129	2.409	3.464	2.453	4.166	1.361
1642_JDG	47	3.196	24.444	17.874	0.830	0.520	0.380	3.155	2.960	3.571	3.641	2.228	3.042	3.349	3.694	1.295
1642_VR	34	2.494	12.104	7.757	0.707	0.356	0.228	3.150	2.825	3.580	3.976	2.432	3.402	3.759	4.184	1.546
1644_JDG	28	2.446	11.540	7.173	0.734	0.412	0.256	3.084	2.819	3.547	4.198	2.896	3.489	3.253	4.069	1.000
1644_VR	16	1.766	5.846	4.107	0.637	0.365	0.257	3.003	2.969	3.820	4.552	2.892	2.495	2.526	4.557	1.010
1645_JDG	31	3.039	20.880	15.010	0.885	0.674	0.484	2.908	3.046	3.537	3.902	2.874	3.143	2.278	4.582	1.111
1645_VR	22	2.091	8.095	5.155	0.677	0.368	0.234	2.790	2.953	3.423	3.964	2.674	2.959	3.298	4.705	1.038
1646_JDG	29	2.406	11.092	7.313	0.715	0.382	0.252	2.727	2.982	3.700	4.009	2.936	2.482	2.016	4.906	1.017
1646_VR	27	2.318	10.159	6.934	0.703	0.376	0.257	2.773	2.886	3.353	3.958	2.756	3.068	3.521	4.681	1.063
1647_JDG	29	2.323	10.202	6.343	0.690	0.352	0.219	2.736	2.889	3.782	4.051	2.984	2.497	1.943	4.785	1.000
1647_VR	37	2.545	12.744	7.869	0.705	0.344	0.213	2.952	2.915	3.645	3.961	2.696	3.375	2.402	4.789	1.007
1659_JDG	13	2.131	8.423	7.496	0.831	0.648	0.577	3.395	3.263	3.589	3.947	2.932	3.179	3.037	4.768	1.000
1659_VR	14	1.523	4.586	2.855	0.577	0.328	0.204	3.325	3.029	3.654	3.373	2.005	2.976	4.156	3.117	1.070
1660_JDG	22	2.195	8.984	5.594	0.710	0.408	0.254	3.137	2.982	2.976	3.473	2.687	3.079	3.490	3.456	1.499
1660_VR	15	1.662	5.270	3.430	0.614	0.351	0.229	3.105	3.027	3.205	3.235	1.629	3.032	4.516	3.045	1.308
1665_JDG	40	3.117	22.571	15.389	0.845	0.564	0.385	2.953	3.292	3.527	3.220	2.630	3.695	2.325	3.955	1.749
1665_VR	30	2.702	14.915	10.629	0.795	0.497	0.354	3.192	3.118	3.548	3.189	2.660	3.476	2.304	3.888	1.539

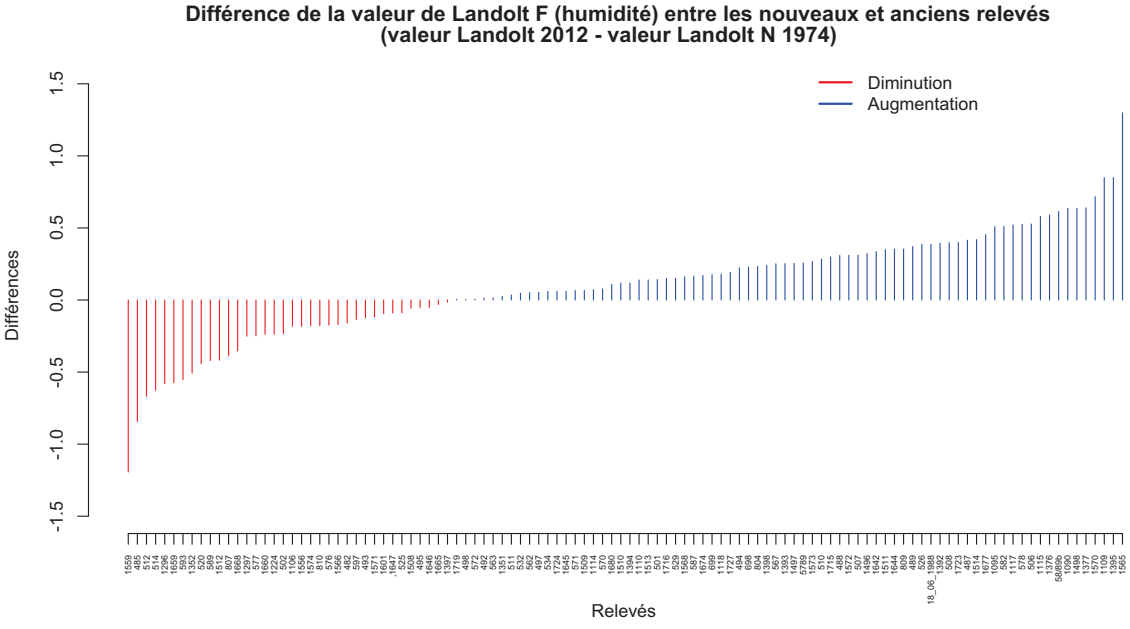
								VALEURS DE LANDOLT								
Releves	Nombre espèces	SH	SHN1	SIMP	PIEL	SHev	SIMPev	T	K	L	F	W	R	N	H	D
1668_JDG	38	2.985	19.793	14.294	0.821	0.521	0.376	3.155	3.230	3.555	3.420	2.660	3.489	2.171	4.532	1.381
1668_VR	38	2.685	14.658	9.003	0.738	0.386	0.237	3.072	3.217	3.458	3.067	2.653	3.649	2.645	3.962	1.183
1674_JDG	21	2.335	10.328	7.891	0.767	0.492	0.376	2.891	3.000	3.583	3.673	2.817	2.718	2.189	4.731	1.179
1674_VR	27	2.569	13.056	8.220	0.780	0.484	0.304	2.832	3.096	3.641	3.843	2.936	2.810	2.184	4.776	1.032
1677_JDG	22	2.141	8.508	5.332	0.693	0.387	0.242	2.873	2.976	3.633	3.320	2.304	1.939	1.938	4.239	1.371
1677_VR	13	1.785	5.960	4.508	0.696	0.458	0.347	2.767	2.855	3.622	3.773	2.884	1.605	1.616	5.000	1.140
1680_JDG	15	2.067	7.900	6.003	0.763	0.527	0.400	2.955	2.834	3.455	3.595	2.692	2.100	1.995	4.943	1.275
1680_VR	34	2.240	9.390	5.691	0.635	0.276	0.167	2.969	2.949	3.441	3.703	2.657	2.496	2.196	4.965	1.320
1715_JDG	27	2.783	16.170	12.455	0.844	0.599	0.461	3.091	2.886	3.169	3.348	2.343	2.417	2.177	4.787	1.449
1715_VR	34	2.378	10.781	6.434	0.674	0.317	0.189	3.048	2.914	3.461	3.647	2.601	2.824	2.525	4.545	1.096
1716_JDG	34	2.514	12.356	7.939	0.713	0.363	0.234	3.199	3.101	3.401	3.862	2.694	3.300	3.267	4.846	1.404
1716_VR	30	1.797	6.033	3.196	0.528	0.201	0.107	2.909	2.806	3.741	4.011	2.844	3.150	2.365	4.821	1.122
1719_JDG	34	2.871	17.656	11.632	0.814	0.519	0.342	3.107	2.978	3.549	3.872	2.511	3.221	3.035	3.883	1.114
1719_VR	42	2.863	17.512	11.720	0.766	0.417	0.279	3.107	2.941	3.557	3.876	2.534	3.103	3.477	3.588	1.135
1723_JDG	39	3.049	21.085	15.949	0.832	0.541	0.409	3.148	2.948	3.300	3.688	2.618	3.206	3.303	3.806	1.291
1723_VR	16	1.532	4.626	2.955	0.552	0.289	0.185	3.040	3.172	3.250	4.088	2.786	3.054	3.679	4.881	1.000
1724_JDG	12	1.543	4.677	3.159	0.621	0.390	0.263	3.079	2.968	3.136	4.186	2.977	3.367	3.869	3.063	1.009
1724_VR	46	2.845	17.198	9.856	0.743	0.374	0.214	2.990	2.912	3.365	4.246	2.678	3.386	3.448	3.794	1.042
1727_JDG	41	2.979	19.665	11.881	0.802	0.480	0.290	3.078	2.935	3.479	3.930	2.531	3.290	2.961	4.186	1.143
1727_VR	15	1.506	4.508	3.384	0.556	0.301	0.226	2.824	2.979	3.265	4.122	2.775	3.006	3.597	4.932	1.002
18_06_1988_JDG	29	2.571	13.077	9.454	0.763	0.451	0.326	2.915	2.854	3.648	3.967	2.819	3.382	2.437	4.879	1.020
18_06_1988_VR	22	1.887	6.603	4.097	0.611	0.300	0.186	2.971	3.013	3.773	4.354	2.766	2.935	2.182	4.935	1.013
482_JDG	29	2.249	9.477	5.326	0.668	0.327	0.184	2.873	2.997	3.777	3.933	2.618	2.586	2.505	4.718	1.138
482_VR	21	2.264	9.626	7.126	0.744	0.458	0.339	2.938	2.961	3.506	3.773	2.117	2.513	2.708	4.494	1.455
485_JDG	32	2.577	13.156	8.895	0.744	0.411	0.278	3.125	2.931	3.320	3.974	2.460	3.254	3.347	4.247	1.142
485_VR	41	2.990	19.881	14.662	0.805	0.485	0.358	3.126	2.877	3.534	3.131	1.701	3.237	3.425	3.177	1.730
487_JDG	21	1.742	5.711	3.564	0.572	0.272	0.170	3.063	2.969	3.232	3.874	2.500	3.445	3.677	3.685	1.126
487_VR	16	2.061	7.852	4.832	0.743	0.491	0.302	3.083	2.617	3.128	4.289	2.755	3.142	3.284	3.922	1.043
488_JDG	27	2.846	17.221	13.637	0.864	0.638	0.505	3.240	2.930	3.531	3.108	1.752	3.241	3.741	3.133	2.147
488_VR	40	2.902	18.206	12.643	0.787	0.455	0.316	3.233	3.030	3.556	3.417	2.304	3.001	3.581	3.342	1.242
489_JDG	26	2.446	11.547	8.889	0.751	0.444	0.342	2.892	2.912	3.488	3.508	2.288	2.624	2.699	4.220	1.336
489_VR	22	2.338	10.359	7.211	0.756	0.471	0.328	2.959	2.974	3.300	3.880	2.494	2.785	3.210	4.468	1.300
492_JDG	29	2.155	8.626	5.541	0.640	0.297	0.191	2.947	2.994	3.716	4.184	2.559	2.370	2.459	4.902	1.019
492_VR	36	2.508	12.285	7.407	0.700	0.341	0.206	2.930	2.727	3.483	4.198	2.583	3.137	2.592	4.619	1.010

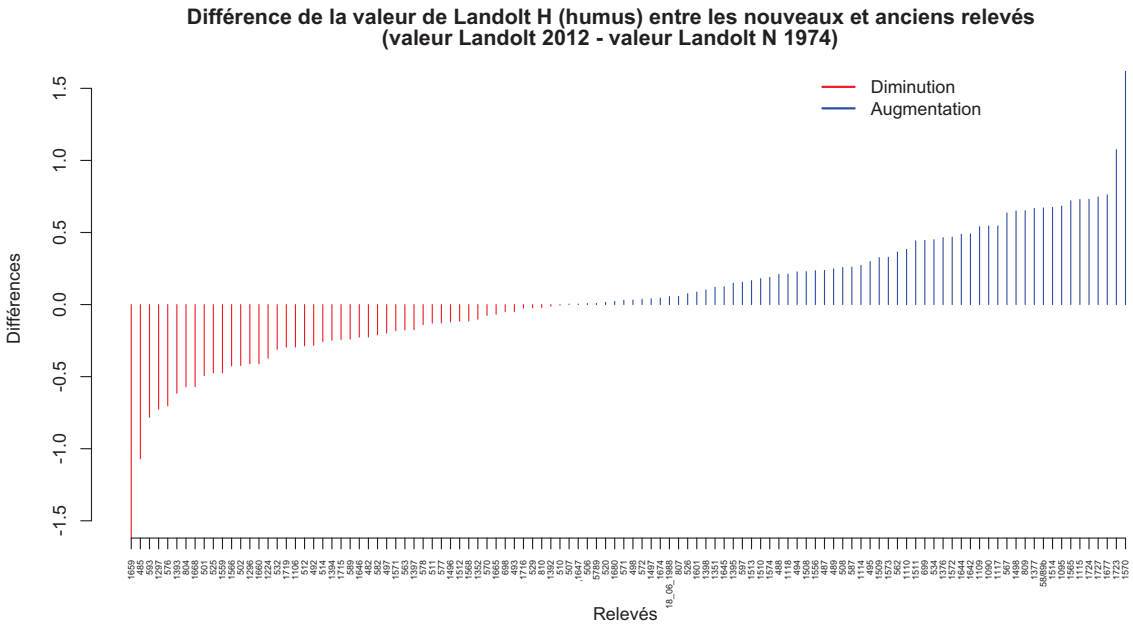
								VALEURS DE LANDOLT								
Releves	Nombre espèces	SH	SHN1	SIMP	PIEL	SHev	SIMPev	T	K	L	F	W	R	N	H	D
493_JDG	35	2.784	16.177	10.092	0.783	0.462	0.288	2.905	2.935	3.427	3.792	2.334	2.350	2.435	4.552	1.189
493_VR	27	2.368	10.673	6.498	0.718	0.395	0.241	2.865	2.950	3.292	3.670	2.298	2.576	3.146	4.503	1.275
494_JDG	28	2.319	10.166	7.179	0.696	0.363	0.256	2.910	2.847	3.296	3.535	2.564	2.045	2.120	4.648	1.136
494_VR	17	1.885	6.583	4.718	0.665	0.387	0.278	2.861	3.000	3.341	3.759	2.568	2.574	3.097	4.875	1.091
495_JDG	30	2.367	10.664	6.762	0.696	0.355	0.225	2.842	2.836	3.510	3.772	2.712	2.172	2.285	4.582	1.007
495_VR	32	2.638	13.987	9.985	0.761	0.437	0.312	2.931	2.960	3.254	3.720	2.703	2.664	2.820	4.881	1.068
497_JDG	17	1.755	5.785	3.859	0.620	0.340	0.227	3.571	3.143	3.087	4.306	2.884	3.001	3.723	4.905	1.000
497_VR	17	1.635	5.128	3.279	0.577	0.302	0.193	3.448	3.381	3.311	4.360	2.973	3.130	3.298	4.707	1.009
498_JDG	19	1.980	7.244	4.449	0.673	0.381	0.234	2.968	2.985	3.165	4.142	2.847	3.148	3.819	4.778	1.000
498_VR	10	1.618	5.042	3.719	0.703	0.504	0.372	3.279	3.156	3.054	4.146	2.993	3.272	3.714	4.810	1.000
501_JDG	13	1.833	6.252	4.982	0.715	0.481	0.383	2.936	2.810	3.641	3.641	2.793	1.854	1.714	5.000	1.198
501_VR	20	2.287	9.846	7.815	0.763	0.492	0.391	2.914	2.905	3.275	3.783	2.631	2.337	2.464	4.507	1.212
502_JDG	9	0.801	2.227	1.457	0.364	0.247	0.162	2.589	3.028	3.087	3.894	2.133	2.830	3.656	4.991	1.064
502_VR	19	1.558	4.751	2.839	0.529	0.250	0.149	2.733	3.005	3.113	3.662	2.237	2.805	3.431	4.568	1.049
506_JDG	15	1.848	6.344	4.851	0.682	0.423	0.323	3.152	2.938	3.671	3.963	2.686	3.516	2.269	4.934	1.011
506_VR	12	1.687	5.405	4.307	0.679	0.450	0.359	3.250	2.694	3.830	4.490	2.830	3.004	2.504	4.942	1.000
507_JDG	17	1.909	6.745	4.481	0.674	0.397	0.264	3.140	2.975	3.661	3.863	2.802	3.389	2.309	4.813	1.027
507_VR	12	1.624	5.074	3.335	0.654	0.423	0.278	3.296	2.908	3.816	4.176	2.462	3.500	2.245	4.816	1.000
508_JDG	13	1.911	6.760	5.907	0.745	0.520	0.454	3.232	2.993	3.451	3.902	2.817	3.248	2.569	4.542	1.000
508_VR	13	1.705	5.504	3.870	0.665	0.423	0.298	3.270	2.813	3.873	4.300	2.520	3.487	2.287	4.800	1.013
510_JDG	18	1.954	7.053	5.727	0.676	0.392	0.318	2.806	2.729	3.417	3.746	2.966	1.850	1.859	4.991	1.019
510_VR	12	1.748	5.742	4.055	0.703	0.479	0.338	2.792	2.922	3.799	4.029	2.831	2.104	1.805	4.987	1.091
511_JDG	9	1.765	5.841	4.844	0.803	0.649	0.538	2.841	2.445	3.682	3.941	2.691	1.182	1.436	5.000	1.000
511_VR	10	1.844	6.321	4.866	0.801	0.632	0.487	2.747	2.989	3.856	3.976	2.807	1.858	1.571	4.871	1.129
512_JDG	13	1.569	4.802	3.428	0.612	0.369	0.264	2.993	2.916	3.797	4.742	2.383	2.205	2.250	4.861	1.000
512_VR	31	2.656	14.240	10.694	0.773	0.459	0.345	2.914	2.927	3.572	4.073	2.762	2.849	2.581	4.575	1.052
514_JDG	20	1.520	4.571	3.136	0.507	0.229	0.157	2.861	2.982	3.862	4.679	2.419	2.136	2.093	4.957	1.000
514_VR	34	2.688	14.701	11.446	0.762	0.432	0.337	2.972	2.894	3.521	4.053	2.698	2.772	2.554	4.700	1.009
520_JDG	26	2.189	8.930	5.792	0.672	0.343	0.223	2.894	2.963	3.627	4.303	2.855	2.813	2.905	4.577	1.000
520_VR	18	2.007	7.442	5.225	0.694	0.413	0.290	3.335	3.144	3.193	3.860	2.909	3.168	3.458	4.592	1.000
525_JDG	21	2.400	11.023	8.365	0.788	0.525	0.398	2.843	2.981	3.482	4.146	2.584	2.694	3.055	4.857	1.000
525_VR	9	1.132	3.102	2.571	0.515	0.345	0.286	3.368	3.000	3.298	4.056	2.965	3.457	3.999	4.383	1.002
526_JDG	23	2.425	11.308	7.593	0.774	0.492	0.330	2.935	2.980	3.207	3.892	2.700	2.839	3.378	4.848	1.000
526_VR	6	1.122	3.071	2.288	0.626	0.512	0.381	3.240	3.470	3.005	4.279	2.967	3.005	3.344	4.923	1.000

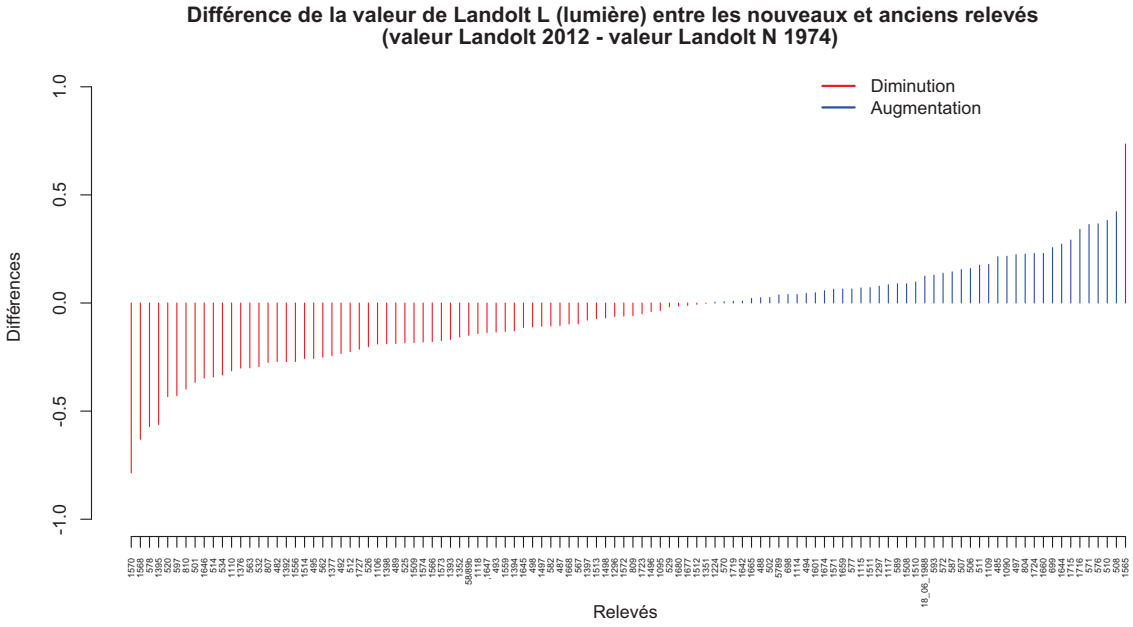
								VALEURS DE LANDOLT								
Releves	Nombre espèces	SH	SHN1	SIMP	PIEL	SHev	SIMPev	T	K	L	F	W	R	N	H	D
529_JDG	13	1.515	4.548	3.195	0.591	0.350	0.246	3.201	3.258	3.054	4.158	2.946	3.147	3.699	4.850	1.000
529_VR	8	1.011	2.748	1.913	0.486	0.344	0.239	3.387	3.693	3.037	4.310	2.957	3.037	3.252	4.828	1.000
532_JDG	20	2.357	10.562	8.436	0.787	0.528	0.422	2.973	3.060	3.445	4.022	2.951	3.126	3.573	4.705	1.006
532_VR	12	1.822	6.183	5.055	0.733	0.515	0.421	3.351	2.964	3.151	4.070	2.813	3.328	3.845	4.394	1.000
534_JDG	19	2.403	11.057	8.968	0.816	0.582	0.472	3.024	2.997	3.399	4.064	2.963	3.216	3.642	4.345	1.007
534_VR	19	1.827	6.217	4.297	0.621	0.327	0.226	3.189	3.292	3.066	4.124	2.721	3.100	3.652	4.795	1.000
562_JDG	21	2.567	13.026	10.202	0.843	0.620	0.486	3.164	3.069	3.252	4.016	2.764	3.333	3.472	4.635	1.006
562_VR	3	0.402	1.495	1.306	0.366	0.498	0.435	3.066	3.000	3.001	4.067	3.000	3.134	4.001	5.000	1.000
563_JDG	27	2.551	12.819	8.966	0.774	0.475	0.332	3.109	3.059	3.424	3.876	2.584	3.267	2.813	4.641	1.015
563_VR	23	2.063	7.870	5.012	0.658	0.342	0.218	3.071	2.907	3.124	3.892	2.844	3.231	3.589	4.464	1.063
567_JDG	45	3.073	21.611	15.438	0.807	0.480	0.343	3.082	2.835	3.435	4.281	2.778	3.186	2.967	4.322	1.005
567_VR	15	1.616	5.031	4.015	0.597	0.335	0.268	3.132	2.672	3.339	4.532	2.811	3.318	3.821	4.958	1.000
570_JDG	29	2.492	12.083	7.815	0.740	0.417	0.269	2.861	3.000	3.428	3.899	2.856	3.139	3.572	4.832	1.038
570_VR	36	2.903	18.223	14.859	0.810	0.506	0.413	2.970	2.966	3.434	3.976	2.691	3.127	3.494	4.757	1.076
571_JDG	26	1.914	6.782	4.187	0.588	0.261	0.161	3.158	3.004	3.093	4.288	2.762	3.388	3.765	4.915	1.000
571_VR	19	2.181	8.852	7.078	0.741	0.466	0.373	3.204	2.700	3.455	4.354	2.776	3.191	3.545	4.946	1.000
572_JDG	15	1.555	4.736	2.877	0.574	0.316	0.192	3.320	2.910	3.288	4.544	2.888	3.564	3.533	4.963	1.000
572_VR	9	1.674	5.335	4.615	0.762	0.593	0.513	3.106	2.579	3.425	4.550	2.742	3.149	3.538	5.000	1.000
576_JDG	12	1.184	3.267	2.686	0.476	0.272	0.224	3.538	2.989	3.104	4.189	2.987	3.112	3.977	4.732	1.007
576_VR	5	0.919	2.508	2.247	0.571	0.502	0.449	3.496	3.000	3.471	4.015	2.993	3.515	4.000	4.029	1.000
577_JDG	9	0.672	1.958	1.457	0.306	0.218	0.162	3.845	2.995	3.036	4.548	2.868	3.027	3.850	4.936	1.000
577_VR	13	1.977	7.219	5.985	0.771	0.555	0.460	3.350	2.991	3.101	4.300	2.793	3.451	3.505	4.809	1.000
578_JDG	15	2.015	7.503	5.749	0.744	0.500	0.383	2.981	3.126	3.650	3.456	2.636	2.146	1.908	4.718	1.340
578_VR	25	1.939	6.949	3.669	0.602	0.278	0.147	3.110	2.966	3.079	3.981	2.831	3.155	3.831	4.579	1.248
5789_JDG	42	3.072	21.588	15.218	0.822	0.514	0.362	2.794	3.035	3.778	3.597	2.761	3.373	2.363	4.627	1.183
5789_VR	26	2.506	12.250	7.894	0.769	0.471	0.304	2.961	2.827	3.816	3.853	2.777	3.517	2.282	4.635	1.196
58/89b_JDG	62	3.560	35.174	22.442	0.863	0.567	0.362	2.879	3.487	3.802	2.806	2.051	3.341	2.234	3.813	1.923
58/89b_VR	41	2.697	14.830	8.529	0.726	0.362	0.208	3.142	3.207	3.653	3.421	2.621	3.460	2.505	4.484	1.228
582_JDG	24	2.175	8.802	6.674	0.684	0.367	0.278	2.697	3.103	3.745	3.916	2.858	3.041	2.037	4.870	1.017
582_VR	31	2.133	8.444	4.698	0.621	0.272	0.152	3.038	3.065	3.639	4.426	2.910	2.643	2.614	4.661	1.007
587_JDG	24	1.710	5.529	2.892	0.538	0.230	0.120	3.047	2.830	2.956	3.881	2.691	3.123	3.716	4.346	1.226
587_VR	12	1.232	3.426	2.122	0.496	0.286	0.177	3.024	2.847	3.100	4.046	2.944	3.134	3.866	4.606	1.052
589_JDG	29	2.320	10.177	5.212	0.689	0.351	0.180	2.946	2.955	3.227	3.984	2.864	3.115	3.769	4.401	1.021
589_VR	50	3.143	23.173	17.959	0.803	0.463	0.359	2.965	3.077	3.316	3.565	2.464	3.087	3.042	4.161	1.209

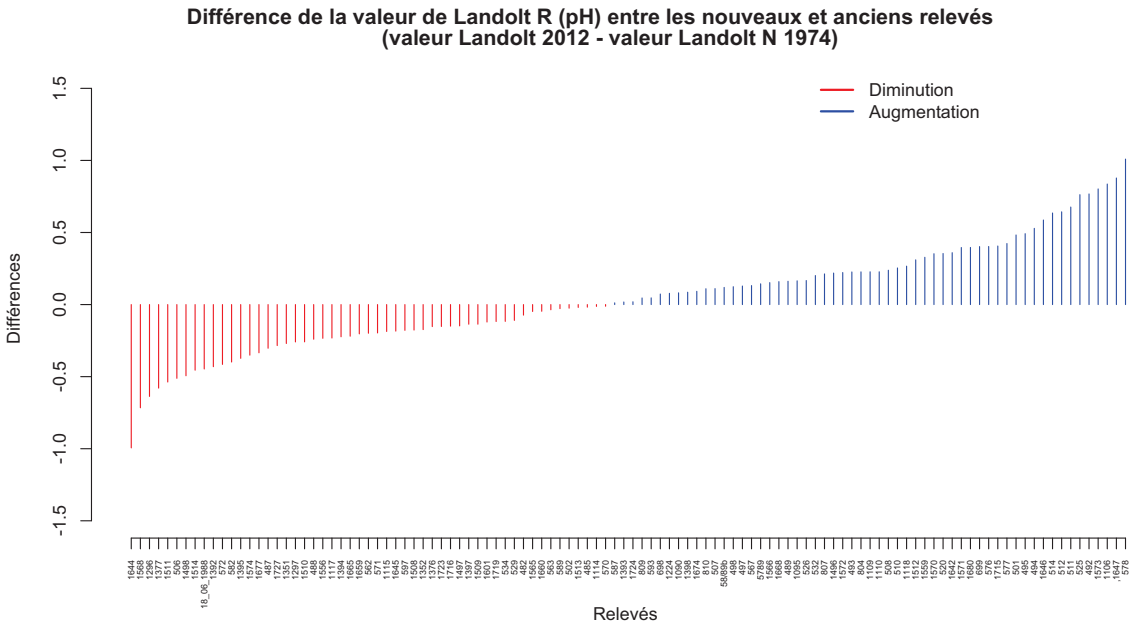
								VALEURS DE LANDOLT								
Releves	**Nombre espèces**	**SH**	**SHN1**	**SIMP**	**PIEL**	**SHev**	**SIMPev**	**T**	**K**	**L**	**F**	**W**	**R**	**N**	**H**	**D**
593_JDG	10	1.016	2.763	1.880	0.441	0.276	0.188	3.439	3.711	3.004	4.447	2.968	3.115	3.257	4.976	1.000
593_VR	7	1.364	3.914	2.887	0.701	0.559	0.412	3.227	2.896	3.133	3.893	2.863	3.161	4.104	4.194	1.009
597_JDG	21	1.922	6.834	4.323	0.631	0.325	0.206	3.142	2.997	3.605	3.724	2.636	3.524	3.843	3.112	1.063
597_VR	32	2.569	13.051	8.895	0.741	0.408	0.278	3.331	2.764	3.176	3.589	2.427	3.346	3.816	3.267	1.147
698_JDG	17	1.686	5.397	3.718	0.595	0.317	0.219	3.074	3.011	3.752	3.965	2.779	3.317	2.151	4.967	1.030
698_VR	15	1.531	4.623	3.086	0.565	0.308	0.206	3.201	3.000	3.791	4.194	2.439	3.390	2.042	4.918	1.002
699_JDG	20	2.437	11.436	8.633	0.813	0.572	0.432	3.266	3.000	3.486	3.876	2.792	3.087	2.451	4.445	1.069
699_VR	18	1.967	7.152	5.017	0.681	0.397	0.279	3.201	2.995	3.742	4.052	2.484	3.489	2.242	4.890	1.000
804_JDG	4	0.519	1.680	1.381	0.374	0.420	0.345	3.145	3.000	3.000	4.078	2.999	3.029	3.999	4.737	1.000
804_VR	9	1.581	4.859	3.858	0.719	0.540	0.429	3.565	3.102	3.226	4.312	2.999	3.256	3.773	4.166	1.000
807_JDG	23	2.189	8.925	6.831	0.698	0.388	0.297	2.615	3.113	3.963	4.081	2.964	3.069	2.047	4.917	1.008
807_VR	16	2.080	8.001	6.405	0.750	0.500	0.400	3.188	3.135	3.688	3.693	2.746	3.281	2.387	4.974	1.263
809_JDG	43	2.949	19.090	12.771	0.784	0.444	0.297	2.909	3.172	3.716	3.509	2.310	3.521	2.281	4.146	1.465
809_VR	32	2.396	10.983	7.141	0.691	0.343	0.223	2.980	2.875	3.657	3.863	2.892	3.567	2.351	4.797	1.065
810_JDG	54	3.123	22.705	15.520	0.783	0.420	0.287	2.717	3.165	3.794	3.323	2.190	3.315	2.629	4.007	1.636
810_VR	34	2.774	16.021	13.023	0.787	0.471	0.383	3.018	3.203	3.396	3.145	2.416	3.425	2.709	3.986	1.409

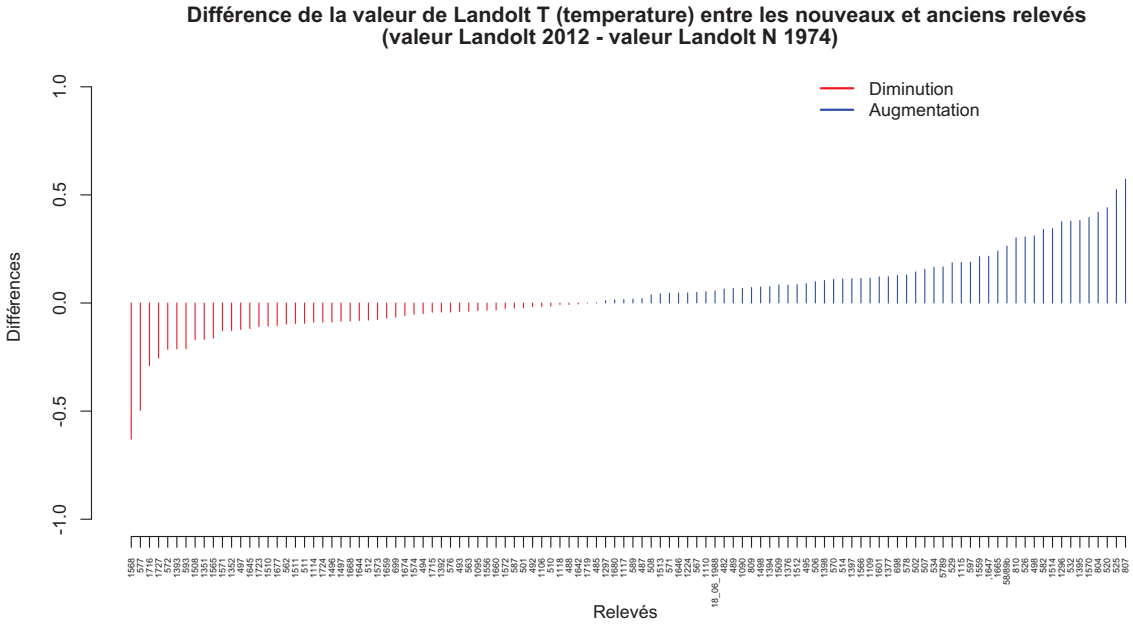

Différence de la valeur de Landolt N (azote) entre les nouveaux et anciens relevés
(valeur Landolt 2012 - valeur Landolt N 1974)
Diminution
Augmentation
Différences
-1.5
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
1.5
Relevés


Différence de la valeur de Landolt F (humidité) entre les nouveaux et anciens relevés
(valeur Landolt 2012 - valeur Landolt N 1974)
Diminution
Augmentation
Différences
-1.5
-1.0
-0.5
0.0
0.5
1.0
1.5
Relevés


Différence de la valeur de Landolt H (humus) entre les nouveaux et anciens relevés
(valeur Landolt 2012 - valeur Landolt N 1974)
Diminution
Augmentation
Différences
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
Relevés


Différence de la valeur de Landolt L (lumière) entre les nouveaux et anciens relevés
(valeur Landolt 2012 - valeur Landolt N 1974)
Diminution
Augmentation
Différences
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
Relevés


Différence de la valeur de Landolt R (pH) entre les nouveaux et anciens relevés
(valeur Landolt 2012 - valeur Landolt N 1974)
Diminution
Augmentation
Différences
1.5
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
-1.5
Relevés


Différence de la valeur de Landolt T (temperature) entre les nouveaux et anciens relevés
(valeur Landolt 2012 - valeur Landolt N 1974)
Diminution
Augmentation
Différences
1.0
0.5
0.0
-0.5
-1.0
Relevés

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciès	forme à ...	FH final zanella	FH Jabiol	SOLS final	T	K	L	F	W	R	N	H	D
1090_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	-	-	-	3.001	3.358	3.568	2.931	2.234	3.513	2.560	3.795	1.807
1090_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	REDOXISOL leptique, surrédoxique, à	3.068	2.895	3.784	3.567	2.640	3.595	2.323	4.340	1.302
1095_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	-	-	-	3.056	3.109	3.726	3.148	2.268	3.246	2.642	3.984	1.368
1095_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	RENDOSOL - REDOXISOL leptique, décarbonaté	3.021	3.040	3.691	3.657	2.814	3.411	2.668	4.667	1.170
1106_JDG	Chapelle-des-Bois	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante typique		-	-	-	2.969	3.006	3.955	4.167	2.825	2.789	2.338	4.985	1.002
1106_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante typique		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Gleyic	REDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère	2.953	3.037	3.765	3.985	2.607	3.625	2.285	4.691	1.013
1109_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	-	-	-	2.907	3.421	3.462	2.866	2.166	3.393	2.594	4.028	1.769
1109_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface	REDOXISOL leptique, surrédoxique, à	3.022	2.822	3.641	3.715	2.680	3.620	2.397	4.569	1.176
1110_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	-	-	-	3.048	3.270	3.843	3.162	2.178	3.379	2.645	3.938	1.818
1110_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	RENDISOL - REDOXISOL leptique	3.101	3.289	3.530	3.302	2.765	3.606	2.512	4.321	1.366
1114_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*		-	-	-	3.014	2.982	3.064	3.755	2.501	3.046	3.814	4.324	1.165
1114_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	REDOXISOL réductique, à horizon g humifère	2.925	3.028	3.103	3.826	2.577	3.033	3.765	4.596	1.207
1115_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	-	-	-	2.902	3.371	3.647	2.833	2.121	3.521	2.507	3.796	2.031
1115_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	REDOXISOL leptique, à horizons A humifères en surface	3.090	3.222	3.717	3.412	2.741	3.334	2.635	4.525	1.236
1117_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	-	-	-	2.989	3.477	3.689	3.125	2.290	3.616	2.339	4.094	1.726
1117_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	RENDISOL - REDOXISOL leptique	3.005	3.283	3.774	3.646	2.899	3.384	2.390	4.640	1.038
1118_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	-	-	-	3.012	3.344	3.531	3.060	2.447	3.389	2.342	4.054	1.565
1118_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	CALCOSOL - REDOXISOL leptique, décarbonaté	3.005	3.431	3.389	3.239	2.470	3.656	2.404	4.266	1.432
1224_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum equisetosum variegati*			-	-	-	3.058	3.122	3.755	3.844	2.688	3.692	2.095	4.645	1.095
1224_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum equisetosum variegati*			HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic Fluvic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	REDUCTISOL TYPIQUE calcaire	3.104	3.147	3.759	3.607	2.460	3.770	2.163	4.273	1.380
1296_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*				-	-	-	3.073	2.975	3.537	3.838	2.540	3.387	2.508	4.564	1.169
1296_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante à *Veratrum album*		HYDROMULL à tendance	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the	REDOXISOL réductique, à	3.449	3.192	3.475	3.259	2.210	2.750	2.873	4.152	1.884
1297_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Carex davalliana*		-	-	-	3.151	2.954	3.522	3.688	2.317	3.325	2.665	4.248	1.444
1297_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante à *Veratrum album*		HYDROMULL à tendance	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the	REDOXISOL surrédoxique,	3.163	2.764	3.600	3.437	1.736	3.065	3.353	3.522	1.504

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciès	forme à ...	FH final zanella	FH Jabiol	SOLS final	T	K	L	F	W	R	N	H	D
1351_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		-	-	-	3.356	3.019	3.806	4.364	2.442	3.747	2.291	4.670	1.000
1351_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques et saprique en surface	3.188	2.836	3.804	4.389	2.572	3.477	2.378	4.791	1.000
1352_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		-	-	-	3.341	3.020	3.651	4.175	2.520	3.760	2.387	4.627	1.018
1352_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic Fluvic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	REDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre	3.214	3.035	3.494	3.669	2.707	3.586	2.433	4.525	1.021
1376_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	-	-	-	2.971	3.702	3.727	2.712	2.123	3.730	2.181	3.708	2.109
1376_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface Calcaric	REDOXISOL leptique, à horizons A et S calcaires	3.054	3.034	3.426	3.301	2.637	3.577	2.544	4.172	1.269
1377_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	-	-	-	2.661	3.574	3.919	2.717	1.878	3.885	2.289	3.488	2.311
1377_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	OLIGOTERROMULL	Haplic OLIGOMULL	CALCOSOL décarbonaté en surface	2.783	3.251	3.675	3.356	2.548	3.306	2.467	4.155	1.339
1392_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		-	-	-	3.210	3.221	3.593	3.102	2.674	3.551	2.287	4.145	1.720
1392_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	RENDOSOL - REDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizons A humifères	3.168	3.196	3.323	3.497	2.749	3.120	2.768	4.134	1.279
1393_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		-	-	-	3.304	3.319	3.423	3.404	2.662	3.198	2.547	4.478	1.473
1393_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic Fluvic OLIGOMULL Drying up at the surface Calcaric	REDOXISOL réductique, calcaire, issu de craie lacustre, à horizons A humifères	3.092	3.242	3.255	3.657	2.889	3.216	2.595	3.863	1.118
1394_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		-	-	-	2.981	3.173	3.525	3.321	2.740	3.430	2.341	4.484	1.605
1394_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	RENDOSOL - REDOXISOL pachique, décarbonaté en surface, à horizons A humifères	3.057	3.313	3.397	3.439	2.771	3.206	2.359	4.237	1.397
1395_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		-	-	-	2.709	3.498	3.859	2.795	2.473	3.643	2.068	3.931	2.842
1395_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic Fluvic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	REDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre, à horizon A humifère en surface	3.091	3.019	3.297	3.644	2.924	3.270	2.582	4.080	1.008
1397_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante à *Veratrum album*		-		-	2.971	3.064	3.695	3.797	2.608	3.141	3.460	4.318	1.199
1397_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante à *Veratrum album*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic Fluvic OLIGOMULL Drying up at the surface	REDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A et g humifères	3.084	3.044	3.616	3.783	2.131	3.005	3.362	4.144	1.316
1398_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		-	-	-	2.897	3.241	3.899	2.799	2.320	3.255	2.083	3.839	2.613
1398_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric	CALCOSOL - REDOXISOL leptique	3.001	3.309	3.710	3.039	2.218	3.340	2.434	3.941	1.844

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciès	forme à ...	FH final zanella	FH Jabiol	SOLS final	T	K	L	F	W	R	N	H	D
1496_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	-	-	-	2.828	3.182	3.747	3.283	2.524	3.238	2.611	4.290	1.466
1496_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	REDOXISOL surrédoxique	2.740	3.000	3.708	3.605	2.561	3.456	2.637	4.170	1.351
1497_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	-	-	-	3.039	3.060	3.737	3.381	2.334	3.312	2.630	4.013	1.561
1497_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	REDOXISOL surrédoxique, avec traces de briques, à horizon A humifère en surface	2.955	2.956	3.630	3.634	2.591	3.164	2.670	4.053	1.209
1498_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	-	-	-	2.899	3.002	3.717	3.624	2.655	3.495	2.565	4.240	1.251
1498_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*				EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	HISTOSOL FIBRIQUE	2.973	2.979	3.648	4.260	2.677	3.001	2.463	4.890	1.014
1508_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		-	-	-	2.968	2.870	3.478	3.749	2.760	2.082	2.164	4.760	1.174
1508_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme sèche	MESIHISTOMOR	MESIMOR Folic Ombric Garbic	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques	2.799	2.868	3.567	3.692	2.871	1.905	1.886	4.988	1.156
1509_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		-	-	-	3.057	2.886	3.418	3.990	2.680	3.451	3.725	3.830	1.209
1509_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	REDOXISOL à horizons g humifères	3.140	2.900	3.235	4.057	2.772	3.315	3.810	4.156	1.090
1510_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*		variante à *Cirsium oleraceum*		-	-	-	3.012	2.426	3.057	3.977	2.402	3.341	3.593	3.857	1.013
1510_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*		variante à *Cirsium oleraceum*		EUHISTOANMOOR superposé à DYSHUMIHISTOMODER	EUANMOOR Folic Gleyic, superposed to DYSHUMIMODER Folic	REDUCTISOL TYPIQUE superposé à HISTOSOL MESIQUE	2.905	2.574	3.154	4.095	2.645	3.083	3.468	4.036	1.138
1511_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*		variante à *Cirsium oleraceum*		-	-	-	2.996	2.176	2.921	3.643	2.006	3.581	3.815	3.320	1.066
1511_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*		variante à *Cirsium oleraceum*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface Gleyic	REDUCTISOL TYPIQUE	2.901	2.513	2.993	3.993	2.590	3.044	3.685	3.762	1.103
1512_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*		variante typique		-	-	-	2.933	2.481	3.023	4.242	2.691	3.057	3.367	4.003	1.006
1512_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*		variante typique		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	REDOXISOL à horizons A et g humifères	3.018	2.632	3.017	3.824	2.516	3.368	3.590	3.887	1.281
1513_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*		variante typique		-	-	-	2.957	2.631	3.005	3.715	2.345	3.326	3.524	3.895	1.338
1513_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*		variante typique		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	REDOXISOL surrédoxique, à horizon g humifère	3.000	2.652	2.933	3.855	2.486	3.306	3.620	4.061	1.333
1514_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante typique		-	-	-	2.718	3.308	3.834	3.713	2.607	3.635	2.161	3.730	1.123
1514_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	REDOXISOL multi-fluvique, à horizons mésiques	3.062	2.693	3.578	4.132	2.711	3.180	3.474	4.405	1.103
1556_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccus*	-	-	-	2.912	2.936	3.628	3.762	2.659	1.993	1.878	4.750	1.230
1556_VR	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccus*	DYSTERROMODER superposé à FIBRIHISTOMODER	DYSMODER Folic Ombric superposed to FIBRIMODER Folic Gleyic	HISTOSOL MESIQUE superposé à REDUCTISOL TYPIQUE épihistique	2.880	2.591	3.358	3.580	2.679	1.759	1.964	4.985	1.088

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciès	forme à ...	FH final zanella	FH Jabiol	SOLS final	T	K	L	F	W	R	N	H	D
1559_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpino-articulatus*				-	-	-	3.000	3.000	3.540	4.730	2.984	3.000	3.000	3.921	1.000
1559_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		OLIGOTERROMULL	OLIGOMULL Calcaric	CALCOSOL haplique	3.215	2.933	3.408	3.537	2.605	3.328	3.624	3.448	1.229
1565_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum*	variante à *Carex echinata*		-	-	-	3.165	2.782	3.218	3.644	2.535	2.100	2.512	4.259	1.329
1565_VR		*Phragmitetea*	*Phragmitetalia*	*Magnocaricion*	*Caricetum rostratae*				HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	REDOXISOL réductique, surrédoxique, à horizons A et g humifères	3.003	2.995	3.953	4.943	2.958	2.052	2.063	4.979	1.000
1566_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante à *Trichophorum cespitosum*	forme à *Menyanthes trifoliata*	-	-	-	2.873	3.094	3.835	4.261	2.827	3.224	2.016	4.827	1.047
1566_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante à *Trichophorum cespitosum*	forme à *Menyanthes trifoliata*	SAPRIHISTOMODER	SAPRIMODER Folic Ombric Garbic	HISTOSOL SAPRIQUE à horizon d'anmoor intercalé	2.987	2.909	3.657	4.091	2.748	3.376	2.481	4.402	1.027
1568_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Molinia caerulea*		-	-	-	3.722	2.981	3.796	3.985	2.988	3.716	2.469	4.963	1.000
1568_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante à *Phragmites australis*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	REDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, à horizons g humifères	3.093	2.889	3.166	4.146	2.905	3.000	3.759	4.850	1.000
1570_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum*	variante à *Blysmus compressus*		-	-	-	3.101	2.954	3.786	3.783	2.726	3.641	3.954	3.100	1.199
1570_VR		*Phragmitetea*	*Phragmitetalia*	*Magnocaricion*	*Caricetum acutiformis*				HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric	REDOXISOL surrédoxique, calcaire, à horizons g humifères, à horizon saprique, à horizon réductique de orofondeur	3.497	2.994	3.001	4.500	3.000	3.993	3.992	4.989	1.000
1571_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Carex echinata*		-	-	-	3.296	2.926	3.101	3.744	2.581	2.524	3.598	3.516	1.108
1571_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*		EUHISTOANMOOR	Epihistic EUANMOOR Folic Ombric Garbic	HISTOSOL MESIQUE	3.168	2.923	3.164	3.625	2.521	2.920	3.324	3.335	1.240
1572_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		-	-	-	3.001	2.887	3.392	3.501	2.472	2.448	2.499	4.384	1.221
1572_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		FIBRIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	FIBRIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon saprique en surface	2.975	2.981	3.331	3.811	2.821	2.670	2.967	4.852	1.049
1573_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		-	-	-	2.924	2.831	3.301	3.640	2.703	2.152	2.270	4.351	1.081
1573_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	REDOXISOL à horizon g humifère, à horizon histique saprique en surface	2.848	2.892	3.127	3.907	2.768	2.954	3.961	4.680	1.013
1574_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*		-	-	-	3.093	2.954	3.580	3.607	2.190	3.092	3.038	3.647	1.455
1574_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface Gleyic	REDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique, à horizons A et G humifères	3.041	2.826	3.400	3.427	2.213	2.741	3.407	3.836	1.189
1601_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	-	-	-	2.817	3.244	3.524	3.224	2.380	3.585	2.441	4.079	1.547
1601_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	OLIGOTERROMULL	OLIGOMULL Calcaric	CALCOSOL haplique	2.938	3.167	3.571	3.129	2.409	3.464	2.453	4.166	1.361

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciès	forme à ...	FH final zanella	FH Jabiol	SOLS final	T	K	L	F	W	R	N	H	D
1642_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*		-	-	-	3.155	2.960	3.571	3.641	2.228	3.042	3.349	3.694	1.295
1642_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum polemonietosum*	variante à *Carex elata*		EUHISTOANMOOR	Epihistic EUANMOOR Folic Ombric Garbic	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons An décarbonatés	3.150	2.825	3.580	3.976	2.432	3.402	3.759	4.184	1.546
1644_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum*	variante à *Blysmus compressus*		-	-	-	3.084	2.819	3.547	4.198	2.896	3.489	3.253	4.069	1.000
1644_VR		*Phragmitetea*	*Phragmitetalia*	*Magnocaricion*	*Caricetum rostratae*				EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	REDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizons A et g humifères	3.003	2.969	3.820	4.552	2.892	2.495	2.526	4.557	1.010
1645_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante à *Trichophorum cespitosum*	forme à *Eriophorum vaginatum*	-	-	-	2.908	3.046	3.537	3.902	2.874	3.143	2.278	4.582	1.111
1645_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*		EUHISTOANMOOR superposé à MESIHISTOMODER	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic, superposed to MESIMODER Folic Ombric	REDUCTISOL TYPIQUE leptique, à horizon rédoxique, superposé à HISTOSOL MESIQUE	2.790	2.953	3.423	3.964	2.674	2.959	3.298	4.705	1.038
1646_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*				-	-	-	2.727	2.982	3.700	4.009	2.936	2.482	2.016	4.906	1.017
1646_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	REDOXISOL décarbonaté en surface	2.773	2.886	3.353	3.958	2.756	3.068	3.521	4.681	1.063
1647_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*				-	-	-	2.736	2.889	3.782	4.051	2.984	2.497	1.943	4.785	1.000
1647_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae caricetosum flaccae*	variante à *Swertia perennis*		HUMIHISTOMODER	HUMIMODER Folic Ombric Garbic	HISTOSOL MESIQUE à horizon saprique en surface	2.952	2.915	3.645	3.961	2.696	3.375	2.402	4.789	1.007
1659_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Molinia caerulea*		-	-	-	3.395	3.263	3.589	3.947	2.932	3.179	3.037	4.768	1.000
1659_VR		*Artemisietea*	*Alliarietalia*	*Alliarion*	Groupement à *Galeopsis tetrahit* et à graminées				HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic Fluvic DYSMULL Drying up at the surface	REDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A et g humifères	3.325	3.029	3.654	3.373	2.005	2.976	4.156	3.117	1.070
1660_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante à *Phragmites australis*		-	-	-	3.137	2.982	2.976	3.473	2.687	3.079	3.490	3.456	1.499
1660_VR		*Artemisietea*	*Alliarietalia*	*Alliarion*	Groupement à *Galeopsis tetrahit* et à graminées				HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic Fluvic OLIGOMULL Drying up at the surface	REDOXISOL décarbonaté en surface, issu de craie lacustre, à horizons A humifères	3.105	3.027	3.205	3.235	1.629	3.032	4.516	3.045	1.308
1665_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum*	variante à *Carex flacca*		-	-	-	2.953	3.292	3.527	3.220	2.630	3.695	2.325	3.955	1.749
1665_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic Fluvic MESOMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	REDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre	3.192	3.118	3.548	3.189	2.660	3.476	2.304	3.888	1.539
1668_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum*			-	-	-	3.155	3.230	3.555	3.420	2.660	3.489	2.171	4.532	1.381
1668_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	RENDOSOL - REDOXISOL décarbonaté en surface, à horizon A humifère en surface	3.072	3.217	3.458	3.067	2.653	3.649	2.645	3.962	1.183
1674_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*				-	-	-	2.891	3.000	3.583	3.673	2.817	2.718	2.189	4.731	1.179
1674_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*				MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques et saprique en surface	2.832	3.096	3.641	3.843	2.936	2.810	2.184	4.776	1.032

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciès	forme à ...	FH final zanella	FH Jabiol	SOLS final	T	K	L	F	W	R	N	H	D
1677_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		-	-	-	2.873	2.976	3.633	3.320	2.304	1.939	1.938	4.239	1.371
1677_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccus*	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques en surface et de profondeur	2.767	2.855	3.622	3.773	2.884	1.605	1.616	5.000	1.140
1680_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme sèche	-	-	-	2.955	2.834	3.455	3.595	2.692	2.100	1.995	4.943	1.275
1680_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme sèche	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	REDOXISOL épihistique, à horizon réductique de profondeur	2.969	2.949	3.441	3.703	2.657	2.496	2.196	4.965	1.320
1715_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		-	-	-	3.091	2.886	3.169	3.348	2.343	2.417	2.177	4.787	1.449
1715_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésiques en surface	3.048	2.914	3.461	3.647	2.601	2.824	2.525	4.545	1.096
1716_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*				-	-	-	3.199	3.101	3.401	3.862	2.694	3.300	3.267	4.846	1.404
1716_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*				EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	REDOXISOL leptique, à horizon g humifère	2.909	2.806	3.741	4.011	2.844	3.150	2.365	4.821	1.122
1719_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*		-	-	-	3.107	2.978	3.549	3.872	2.511	3.221	3.035	3.883	1.114
1719_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*		SAPRIHISTOMODER	SAPRIMODER Folic Garbic Gleyic	REDUCTISOL TYPIQUE épihistique	3.107	2.941	3.557	3.876	2.534	3.103	3.477	3.588	1.135
1723_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*		-	-	-	3.148	2.948	3.300	3.688	2.618	3.206	3.303	3.806	1.291
1723_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	REDOXISOL à horizon g humifère	3.040	3.172	3.250	4.088	2.786	3.054	3.679	4.881	1.000
1724_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpino-articulatus*				-	-	-	3.079	2.968	3.136	4.186	2.977	3.367	3.869	3.063	1.009
1724_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpino-articulatus*				HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface Gleyic	REDUCTISOL TYPIQUE leptique, à horizons A humifères en surface	2.990	2.912	3.365	4.246	2.678	3.386	3.448	3.794	1.042
1727_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Carex davalliana*		-	-	-	3.078	2.935	3.479	3.930	2.531	3.290	2.961	4.186	1.143
1727_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	REDOXISOL à horizon g humifère	2.824	2.979	3.265	4.122	2.775	3.006	3.597	4.932	1.002
18_06_1988_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante à *Trichophorum cespitosum*	forme à *Eriophorum vaginatum*	-	-	-	2.915	2.854	3.648	3.967	2.819	3.382	2.437	4.879	1.020
18_06_1988_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante à *Trichophorum cespitosum*	forme à *Eriophorum vaginatum*	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques et saprique	2.971	3.013	3.773	4.354	2.766	2.935	2.182	4.935	1.013
482_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*		-	-	-	2.873	2.997	3.777	3.933	2.618	2.586	2.505	4.718	1.138
482_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*		MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface	2.938	2.961	3.506	3.773	2.117	2.513	2.708	4.494	1.455
485_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum caricetosum paniculatae*	variante à *Carex acutiformis*		-	-	-	3.125	2.931	3.320	3.974	2.460	3.254	3.347	4.247	1.142
485_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	Groupement à *Juncus inflexus*				MESOTERROMULL	Haplic MESOMULL	CALCISOL haplique	3.126	2.877	3.534	3.131	1.701	3.237	3.425	3.177	1.730

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciès	forme à ...	FH final zanella	FH Jabiol	SOLS final	T	K	L	F	W	R	N	H	D
487_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum caricetosum paniculatae*	variante typique		-	-	-	3.063	2.969	3.232	3.874	2.500	3.445	3.677	3.685	1.126
487_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	REDOXISOL multi-alluvio-colluvial, à horizons sapriques	3.083	2.617	3.128	4.289	2.755	3.142	3.284	3.922	1.043
488_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante typique		-	-	-	3.240	2.930	3.531	3.108	1.752	3.241	3.741	3.133	2.147
488_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	Groupement à *Juncus inflexus*				HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface Gleyic	REDUCTISOL TYPIQUE à horizons A et G humifères	3.233	3.030	3.556	3.417	2.304	3.001	3.581	3.342	1.242
489_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*		-	-	-	2.892	2.912	3.488	3.508	2.288	2.624	2.699	4.220	1.336
489_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*		MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons sapriques et mésique en surface	2.959	2.974	3.300	3.880	2.494	2.785	3.210	4.468	1.300
492_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*		-	-	-	2.947	2.994	3.716	4.184	2.559	2.370	2.459	4.902	1.019
492_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Carex davalliana*		MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	HISTOSOL MESIQUE à horizons saprique et fibrique en surface	2.930	2.727	3.483	4.198	2.583	3.137	2.592	4.619	1.010
493_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*		-	-	-	2.905	2.935	3.427	3.792	2.334	2.350	2.435	4.552	1.189
493_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*		MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface	2.865	2.950	3.292	3.670	2.298	2.576	3.146	4.503	1.275
494_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		-	-	-	2.910	2.847	3.296	3.535	2.564	2.045	2.120	4.648	1.136
494_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique en surface	2.861	3.000	3.341	3.759	2.568	2.574	3.097	4.875	1.091
495_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		-	-	-	2.842	2.836	3.510	3.772	2.712	2.172	2.285	4.582	1.007
495_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		HUMIHISTOAMPHI	HUMIAMPHI Folic Ombric Garbic	HISTOSOL SAPRIQUE à horizons mésiques	2.931	2.960	3.254	3.720	2.703	2.664	2.820	4.881	1.068
497_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		-	-	-	3.571	3.143	3.087	4.306	2.884	3.001	3.723	4.905	1.000
497_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Gleyic	REDUCTISOL TYPIQUE à horizon G humifère, à horizon saprique de profondeur	3.448	3.381	3.311	4.360	2.973	3.130	3.298	4.707	1.009
498_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*		-	-	-	2.968	2.985	3.165	4.142	2.847	3.148	3.819	4.778	1.000
498_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	REDOXISOL surrédoxique, à horizons g humifères	3.279	3.156	3.054	4.146	2.993	3.272	3.714	4.810	1.000
501_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccus*	-	-	-	2.936	2.810	3.641	3.641	2.793	1.854	1.714	5.000	1.198
501_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		MESIHISTOMOR	MESIMOR Folic Ombric Garbic	HISTOSOL FIBRIQUE à horizon mésique en surface	2.914	2.905	3.275	3.783	2.631	2.337	2.464	4.507	1.212
502_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		-	-	-	2.589	3.028	3.087	3.894	2.133	2.830	3.656	4.991	1.064
502_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons mésiques et saprique en surface	2.733	3.005	3.113	3.662	2.237	2.805	3.431	4.568	1.049
506_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		-	-	-	3.152	2.938	3.671	3.963	2.686	3.516	2.269	4.934	1.011
506_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		EPIHISTOMOR	Epihistic Fluvic HISTOMOR Folic Ombric Garbic	REDOXISOL épihistique, issu de craie lacustre	3.250	2.694	3.830	4.490	2.830	3.004	2.504	4.942	1.000

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciès	forme à ...	FH final zanella	FH Jabiol	SOLS final	T	K	L	F	W	R	N	H	D
507_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante typique		-	-	-	3.140	2.975	3.661	3.863	2.802	3.389	2.309	4.813	1.027
507_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante typique		EUHISTOANMOOR	Fluvic EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	REDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	3.296	2.908	3.816	4.176	2.462	3.500	2.245	4.816	1.000
508_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante *à Carex flacca*		-	-	-	3.232	2.993	3.451	3.902	2.817	3.248	2.569	4.542	1.000
508_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		EUHISTOANMOOR	Fluvic EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	REDUCTISOL TYPIQUE leptique, fluvique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	3.270	2.813	3.873	4.300	2.520	3.487	2.287	4.800	1.013
510_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccos*	-	-	-	2.806	2.729	3.417	3.746	2.966	1.850	1.859	4.991	1.019
510_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccos*	MESIHISTOMOR	MESIMOR Folic Ombric Garbic	HISTOSOL FIBRIQUE à horizons saprique et mésique	2.792	2.922	3.799	4.029	2.831	2.104	1.805	4.987	1.091
511_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccos*	-	-	-	2.841	2.445	3.682	3.941	2.691	1.182	1.436	5.000	1.000
511_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccos*	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques et saprique en surface	2.747	2.989	3.856	3.976	2.807	1.858	1.571	4.871	1.129
512_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae comaretosum*	variante à *Carex diandra*		-	-	-	2.993	2.916	3.797	4.742	2.383	2.205	2.250	4.861	1.000
512_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae comaretosum*	variante à *Carex diandra*		FIBRIHISTOMOR	FIBRIMOR Folic Ombric Garbic	HISTOSOL FIBRIQUE	2.914	2.927	3.572	4.073	2.762	2.849	2.581	4.575	1.052
514_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae comaretosum*	variante à *Carex diandra*		-	-	-	2.861	2.982	3.862	4.679	2.419	2.136	2.093	4.957	1.000
514_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae comaretosum*	variante à *Carex diandra*		MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	HISTOSOL MESIQUE à horizons fibriques et sapriques en surface et de profondeur	2.972	2.894	3.521	4.053	2.698	2.772	2.554	4.700	1.009
520_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*		-	-	-	2.894	2.963	3.627	4.303	2.855	2.813	2.905	4.577	1.000
520_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	REDUCTISOL STAGNIQUE leptique	3.335	3.144	3.193	3.860	2.909	3.168	3.458	4.592	1.000
525_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*		-	-	-	2.843	2.981	3.482	4.146	2.584	2.694	3.055	4.857	1.000
525_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	REDUCTISOL TYPIQUE à horizon rédoxique, à horizons G humifères	3.368	3.000	3.298	4.056	2.965	3.457	3.999	4.383	1.002
526_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*		-	-	-	2.935	2.980	3.207	3.892	2.700	2.839	3.378	4.848	1.000
526_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	HISTOSOL MESIQUE avec présence de charbon et de bois	3.240	3.470	3.005	4.279	2.967	3.005	3.344	4.923	1.000
529_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		-	-	-	3.201	3.258	3.054	4.158	2.946	3.147	3.699	4.850	1.000
529_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		HYDROMODER à tendance HEMITERROMODER	Stagnic HEMIMODER Drying up at the surface Gleyic	REDUCTISOL TYPIQUE surrédoxique, à horizons A et G humifères	3.387	3.693	3.037	4.310	2.957	3.037	3.252	4.828	1.000

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciès	forme à ...	FH final zanella	FH Jabiol	SOLS final	T	K	L	F	W	R	N	H	D
532_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*		-	-	-	2.973	3.060	3.445	4.022	2.951	3.126	3.573	4.705	1.006
532_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL, superposé à HUMIHISTOMODER	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface, superposed to HUMIMODER	REDOXISOL à horizons A et g humifères, superposé à HISTOSOL MESIQUE	3.351	2.964	3.151	4.070	2.813	3.328	3.845	4.394	1.000
534_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*		-	-	-	3.024	2.997	3.399	4.064	2.963	3.216	3.642	4.345	1.007
534_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	REDOXISOL réductique, à horizon g humifère en surface, à horizon histique	3.189	3.292	3.066	4.124	2.721	3.100	3.652	4.795	1.000
562_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*		-	-	-	3.164	3.069	3.252	4.016	2.764	3.333	3.472	4.635	1.006
562_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	REDOXISOL réductique, surrédoxique, à horizons A et g humifères	3.066	3.000	3.001	4.067	3.000	3.134	4.001	5.000	1.000
563_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*		-	-	-	3.109	3.059	3.424	3.876	2.584	3.267	2.813	4.641	1.015
563_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*		HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface Calcaric	RENDOSOL - REDOXISOL leptique	3.071	2.907	3.124	3.892	2.844	3.231	3.589	4.464	1.063
567_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Carex davalliana*		-	-	-	3.082	2.835	3.435	4.281	2.778	3.186	2.967	4.322	1.005
567_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique		EUHISTOANMOOR de surface et enfoui	EUANMOOR at the top and on the middle of the solum Folic Ombric Garbic	REDOXISOL réductique, multi-histique, à horizons g humifères	3.132	2.672	3.339	4.532	2.811	3.318	3.821	4.958	1.000
570_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*		-	-	-	2.861	3.000	3.428	3.899	2.856	3.139	3.572	4.832	1.038
570_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*		HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface Gleyic	REDUCTISOL TYPIQUE décarbonaté en surface, à horizon rédoxique, à horizon A humifère en surface	2.970	2.966	3.434	3.976	2.691	3.127	3.494	4.757	1.076
571_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		-	-	-	3.158	3.004	3.093	4.288	2.762	3.388	3.765	4.915	1.000
571_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	REDOXISOL leptique, à horizon g humifère, à horizon histique saprique discontinu	3.204	2.700	3.455	4.354	2.776	3.191	3.545	4.946	1.000
572_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	*variante à Swertia perennis*		-	-	-	3.320	2.910	3.288	4.544	2.888	3.564	3.533	4.963	1.000
572_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique		MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	HISTOSOL MESIQUE rédoxique, à horizons saprique et fibrique en surface	3.106	2.579	3.425	4.550	2.742	3.149	3.538	5.000	1.000
576_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		-	-	-	3.538	2.989	3.104	4.189	2.987	3.112	3.977	4.732	1.007
576_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	REDOXISOL à horizons A et g humifères	3.496	3.000	3.471	4.015	2.993	3.515	4.000	4.029	1.000

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciès	forme à ...	FH final zanella	FH Jabiol	SOLS final	T	K	L	F	W	R	N	H	D
577_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		-	-	-	3.845	2.995	3.036	4.548	2.868	3.027	3.850	4.936	1.000
577_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique		EUHISTOANMOOR	Fluvic EUANMOOR Folic Ombric	REDOXISOL leptique, à horizon histique mésique en surface	3.350	2.991	3.101	4.300	2.793	3.451	3.505	4.809	1.000
578_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme sèche	-	-	-	2.981	3.126	3.650	3.456	2.636	2.146	1.908	4.718	1.340
578_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	REDOXISOL leptique, décarbonaté en surface, à horizon g humifère	3.110	2.966	3.079	3.981	2.831	3.155	3.831	4.579	1.248
5789_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	-	-	-	2.794	3.035	3.778	3.597	2.761	3.373	2.363	4.627	1.183
5789_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface	REDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon A humifère en surface	2.961	2.827	3.816	3.853	2.777	3.517	2.282	4.635	1.196
58/89b_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	-	-	-	2.879	3.487	3.802	2.806	2.051	3.341	2.234	3.813	1.923
58/89b_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	DYSTERROMULL	Haplic DYSMULL	CALCOSOL décarbonaté en surface	3.142	3.207	3.653	3.421	2.621	3.460	2.505	4.484	1.228
582_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante typique		-	-	-	2.697	3.103	3.745	3.916	2.858	3.041	2.037	4.870	1.017
582_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*		SAPRIHISTOMODER	SAPRIMODER Folic Ombric Garbic Gleyic	HISTOSOL SAPRIQUE réductique, à horizons mésiques et fibrique	3.038	3.065	3.639	4.426	2.910	2.643	2.614	4.661	1.007
587_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*		-	-	-	3.047	2.830	2.956	3.881	2.691	3.123	3.716	4.346	1.226
587_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	REDOXISOL surrédoxique, décarbonaté en surface, à horizon A humifère en surface	3.024	2.847	3.100	4.046	2.944	3.134	3.866	4.606	1.052
589_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		-	-	-	2.946	2.955	3.227	3.984	2.864	3.115	3.769	4.401	1.021
589_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	REDUCTISOL STAGNIQUE	2.965	3.077	3.316	3.565	2.464	3.087	3.042	4.161	1.209
593_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		-	-	-	3.439	3.711	3.004	4.447	2.968	3.115	3.257	4.976	1.000
593_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	REDOXISOL à horizons A et g humifères, à horizon histique saprique de profondeur	3.227	2.896	3.133	3.893	2.863	3.161	4.104	4.194	1.009
597_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*		-	-	-	3.142	2.997	3.605	3.724	2.636	3.524	3.843	3.112	1.063
597_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		DYSTERROMULL	Haplic DYSMULL	CALCISOL haplique	3.331	2.764	3.176	3.589	2.427	3.346	3.816	3.267	1.147
698_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		-	-	-	3.074	3.011	3.752	3.965	2.779	3.317	2.151	4.967	1.030
698_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		EUHISTOANMOOR	Fluvic EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	REDOXISOL réductique, décarbonaté en surface, issu de craie lacustre	3.201	3.000	3.791	4.194	2.439	3.390	2.042	4.918	1.002

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciès	forme à ...	FH final zanella	FH Jabiol	SOLS final	T	K	L	F	W	R	N	H	D
699_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		-	-	-	3.266	3.000	3.486	3.876	2.792	3.087	2.451	4.445	1.069
699_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic Fluvic OLIGOMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	REDUCTISOL TYPIQUE calcaire, issu de craie lacustre	3.201	2.995	3.742	4.052	2.484	3.489	2.242	4.890	1.000
804_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante à *Phragmites australis*		-	-	-	3.145	3.000	3.000	4.078	2.999	3.029	3.999	4.737	1.000
804_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante à *Phragmites australis*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	REDOXISOL surrédoxique, à horizons g humifères	3.565	3.102	3.226	4.312	2.999	3.256	3.773	4.166	1.000
807_JDG	Chapelle-des-Bois	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	*Caricetum davallianae typicum*	variante typique		-	-	-	2.615	3.113	3.963	4.081	2.964	3.069	2.047	4.917	1.008
807_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*				MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	HISTOSOL MESIQUE à horizons sapriques en surface	3.188	3.135	3.688	3.693	2.746	3.281	2.387	4.974	1.263
809_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	-	-	-	2.909	3.172	3.716	3.509	2.310	3.521	2.281	4.146	1.465
809_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	REDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizon A humifère	2.980	2.875	3.657	3.863	2.892	3.567	2.351	4.797	1.065
810_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	-	-	-	2.717	3.165	3.794	3.323	2.190	3.315	2.629	4.007	1.636
810_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	HYDROMULL	Stagnic DYSMULL	REDOXISOL leptique, surrédoxique, à horizons g humifères	3.018	3.203	3.396	3.145	2.416	3.425	2.709	3.986	1.409

Tableau des proportions des espèces pour l'alliance du *Molinion,* et évolution (2012 - 1974).
Proportions calculées sur 22 relevés.

	milieux caractéristiques	anciens (1974)	nouveaux (2012)	évolution
ESPECES EN DIMINUTION				
Koeleria pyramidata	*Mesobromion*	68.2	0.0	-68.2
Plantago media	*Mesobromion*	59.1	4.5	-54.5
***Centaurea jacea* s.str.**	*Arrhenatherion*	86.4	31.8	-54.5
Hippocrepis comosa	*Mesobromion*	68.2	18.2	-50.0
Galium pumilum	*Calluno-Genistion*	59.1	9.1	-50.0
Thesium pyrenaicum	*Calluno-Genistion*	72.7	22.7	-50.0
Carex caryophyllea	*Mesobromion*	63.6	13.6	-50.0
Scabiosa lucida	*Seslerion*	63.6	13.6	-50.0
Agrostis capillaris	*Calluno-Genistion*	50.0	4.5	-45.5
Carex pulicaris	*Caricion fuscae*	45.5	0.0	-45.5
Anthyllis vulneraria* subsp. *alpestris	*Seslerion*	68.2	22.7	-45.5
***Thymus pulegioides* s.str.**	*Mesobromion*	45.5	4.5	-40.9
Cirsium acaule	*Mesobromion*	54.5	13.6	-40.9
Linum catharticum	*Molinion*	54.5	18.2	-36.4
Leucanthemum adustum	*Erico-Pinion sylvestris*	59.1	22.7	-36.4
Phyteuma orbiculare	*Seslerion*	59.1	22.7	-36.4
Campanula rotundifolia	*Asplenio serpentini*	50.0	13.6	-36.4
Carex sempervirens	*Seslerion*	68.2	36.4	-31.8
Gymnadenia conopsea	*Mesobromion*	59.1	27.3	-31.8
Primula farinosa	*Caricion davallianae*	59.1	27.3	-31.8
Gentiana verna	*Seslerion*	31.8	0.0	-31.8
Rhinanthus minor	*Molinion*	45.5	13.6	-31.8
***Bromus erectus* s.str.**	*Mesobromion*	54.5	27.3	-27.3
***Ranunculus auricomus* aggr.**	*Carpinion betuli*	31.8	4.5	-27.3
Antennaria dioica	*Calluno-Genistion*	27.3	0.0	-27.3
Anemone narcissiflora	*Caricion ferruginae*	36.4	9.1	-27.3
Prunella vulgaris	*Cynosurion*	36.4	9.1	-27.3
Gentiana lutea	*Seslerion*	59.1	31.8	-27.3
Helictotrichon pubescens	*Arrhenatherion*	40.9	13.6	-27.3
***Trifolium pratense* s.str.**	*Arrhenatherion*	59.1	36.4	-22.7
Deschampsia cespitosa	*Calthion*	50.0	27.3	-22.7
***Veratrum album* s.l.**	*Rumicion alpini*	50.0	27.3	-22.7
Briza media	*Mesobromion*	81.8	59.1	-22.7
Dianthus superbus	*Molinion*	27.3	4.5	-22.7
***Sanguisorba minor* s.str.**	*Mesobromion*	22.7	0.0	-22.7
Crepis mollis	*Polygono-Trisetion*	31.8	9.1	-22.7
Euphrasia rostkoviana	*Mesobromion*	31.8	9.1	-22.7
***Gentiana campestris* s.str.**	*Calluno-Genistion*	31.8	9.1	-22.7
Parnassia palustris	*Caricion davallianae*	31.8	9.1	-22.7
Festuca ovina	*Nardion*	36.4	13.6	-22.7
Carex panicea	*Caricion davallianae*	95.5	77.3	-18.2
Selaginella selaginoides	*Caricion bicolori-atrofuscae*	18.2	0.0	-18.2
Lotus corniculatus		81.8	63.6	-18.2
Agrostis stolonifera	*Agropyrion-Rumicion*	18.2	4.5	-13.6
***Ranunculus nemorosus* aggr.**	*Poion alpinae*	18.2	4.5	-13.6
***Heracleum sphondylium* s.str.**	*Arrhenatherion*	13.6	0.0	-13.6
Juncus alpinoarticulatus	*Caricion bicolori-atrofuscae*	13.6	0.0	-13.6
Pinguicula vulgaris	*Cratoneurion*	13.6	0.0	-13.6
***Primula elatior* s.str.**	*Polygono-Trisetion*	13.6	0.0	-13.6
***Scabiosa columbaria* s.str.**	*Mesobromion*	13.6	0.0	-13.6
***Alchemilla vulgaris* aggr.**	*Cynosurion*	22.7	9.1	-13.6
Genista tinctoria	*Molinion*	22.7	9.1	-13.6
Trollius europaeus	*Calthion*	86.4	72.7	-13.6

Galium boreale	*Molinion*	77.3	63.6	-13.6
Salix repens	*Salicion cinerea*	27.3	18.2	-9.1
Festuca rubra	*Cynosurion*	68.2	59.1	-9.1
Cardamine pratensis	*Arrhenatherion*	13.6	4.5	-9.1
Cirsium tuberosum	*Molinion*	13.6	4.5	-9.1
Picea abies	*Abieti-Piceion*	13.6	4.5	-9.1
Trifolium montanum	*Mesobromion*	59.1	50.0	-9.1
Achillea millefolium	*Arrhenatherion / Cynosurion*	9.1	0.0	-9.1
Crocus albiflorus	*Polygono-Trisetion*	9.1	0.0	-9.1
Hieracium pilosella	*Mesobromion*	9.1	0.0	-9.1
***Hypericum maculatum* s.str.**	*Poion alpinae*	9.1	0.0	-9.1
Laserpitium latifolium	*Caricion ferruginae*	9.1	0.0	-9.1
Ophioglossum vulgatum	*Molinion*	9.1	0.0	-9.1
***Polygala vulgaris* s.str.**	*Mesobromion*	9.1	0.0	-9.1
Ranunculus montanus	*Poion alpinae*	9.1	0.0	-9.1
Carex pallescens	*Nardion*	18.2	9.1	-9.1
Polygala amarella	*Molinion*	31.8	22.7	-9.1
Sesleria caerulea	*Seslerion*	22.7	13.6	-9.1
Silaum silaus	*Molinion*	22.7	13.6	-9.1
Colchicum autumnale	*Molinion*	63.6	54.5	-9.1
Sanguisorba officinalis	*Molinion*	100.0	95.5	-4.5
Anthoxanthum odoratum	*Arrhenatherion*	40.9	36.4	-4.5
Luzula multiflora	*Nardion*	31.8	27.3	-4.5
Bartsia alpina	*Caricion bicolori-atrofuscae*	22.7	18.2	-4.5
Carum carvi	*Cynosurion*	22.7	18.2	-4.5
Filipendula ulmaria	*Filipendulion*	22.7	18.2	-4.5
***Serratula tinctoria* s.str.**	*Molinion*	63.6	59.1	-4.5
Equisetum palustre	*Calthion*	9.1	4.5	-4.5
***Festuca pratensis* s.str.**	*Arrhenatherion*	9.1	4.5	-4.5
Knautia arvensis	*Arrhenatherion*	9.1	4.5	-4.5
***Trifolium repens* s.str.**	*Arrhenatherion*	9.1	4.5	-4.5
Arabis hirsuta	*Mesobromion*	4.5	0.0	-4.5
Aster bellidiastrum	*Caricion ferruginae*	4.5	0.0	-4.5
Brachypodium pinnatum	*Mesobromion*	4.5	0.0	-4.5
Calluna vulgaris	*Sphagnion magellanici*	4.5	0.0	-4.5
***Centaurea scabiosa* s.str.**	*Mesobromion*	4.5	0.0	-4.5
Coeloglossum viride	*Nardion*	4.5	0.0	-4.5
Crepis biennis	*Arrhenatherion*	4.5	0.0	-4.5
Epipactis palustris	*Caricion davallianae*	4.5	0.0	-4.5
Gentiana cruciata	*Cirsio-Brachypodion*	4.5	0.0	-4.5
***Helianthemum nummularium* s.str.**	*Mesobromion*	4.5	0.0	-4.5
Homogyne alpina	*Vaccinio-Piceion*	4.5	0.0	-4.5
Luzula campestris	*Calluno-Genistion*	4.5	0.0	-4.5
Narcissus poeticus		4.5	0.0	-4.5
Nardus stricta	*Nardion*	4.5	0.0	-4.5
Nigritella rhellicani	*Nardion*	4.5	0.0	-4.5
Pimpinella saxifraga	*Mesobromion*	4.5	0.0	-4.5
Platanthera bifolia		4.5	0.0	-4.5
Scorzonera humilis	*Molinion*	4.5	0.0	-4.5
Selinum carvifolia	*Molinion*	4.5	0.0	-4.5
Trisetum flavescens	*Arrhenatherion*	4.5	0.0	-4.5
Campanula rhomboidalis	*Polygono-Trisetion*	13.6	9.1	-4.5
Geum rivale	*Calthion*	13.6	9.1	-4.5
Potentilla erecta	*Nardion*	95.5	90.9	-4.5
Dactylis glomerata	*Arrhenatherion*	18.2	13.6	-4.5
ESPECES STABLES				
Cerastium fontanum* subsp. *vulgare	*Poion alpinae*	4.5	4.5	0.0

Centaurea montana	*Caricion ferruginae*	4.5	4.5	0.0
***Leontodon hispidus* s.str.**	*Poion alpinae*	4.5	4.5	0.0
Phyteuma spicatum	*Abieti-Fagenion*	4.5	4.5	0.0
***Silene vulgaris* s.str.**	*Arrhenatherion*	4.5	4.5	0.0
Molinia caerulea	*Molinion*	100.0	100.0	0.0
Hypochaeris maculata	*Cirsio-Brachypodion*	9.1	9.1	0.0
Polygonum bistorta	*Calthion*	9.1	9.1	0.0
***Vicia cracca* s.str.**	*Molinion / Arrhenatherion*	90.9	90.9	0.0
Swertia perennis	*Caricion davallianae*	22.7	22.7	0.0
Carex flava	*Caricion davallianae*	13.6	13.6	0.0
Carex umbrosa	*Carpinion betuli*	13.6	13.6	0.0
ESPECES EN AUGMENTATION				
Dactylorhiza fistulosa	*Calthion*	18.2	54.5	36.4
Valeriana officinalis	*Filipendulion*	0.0	31.8	31.8
Carex davalliana	*Caricion davallianae*	18.2	40.9	22.7
***Leucanthemum vulgare* aggr.**		0.0	18.2	18.2
Plantago lanceolata	*Arrhenatherion*	0.0	18.2	18.2
Ajuga reptans	*Aegopodion / Alliarion*	18.2	36.4	18.2
Holcus lanatus	*Arrhenatherion*	0.0	13.6	13.6
Platanthera chlorantha	*Molinion*	0.0	13.6	13.6
Silene flos-cuculi	*Molinion*	0.0	13.6	13.6
Trifolium medium	*Trifolion medii*	0.0	13.6	13.6
Angelica sylvestris	*Filipendulion*	9.1	22.7	13.6
Galium uliginosum	*Molinion*	9.1	22.7	13.6
Carex hostiana	*Caricion davallianae*	27.3	40.9	13.6
Cirsium palustre	*Calthion*	4.5	18.2	13.6
Ranunculus acris* subsp. *friesianus	*Arrhenatherion*	22.7	36.4	13.6
Lathyrus pratensis	*Arrhenatherion*	31.8	45.5	13.6
Pimpinella major	*Polygono-Trisetion*	13.6	22.7	9.1
Carex flacca	*Molinion*	81.8	90.9	9.1
Betula pubescens	*Salicion cinerea*	0.0	9.1	9.1
Geranium sylvaticum	*Adenostylion / Polygono-Trisetion*	0.0	9.1	9.1
Helictotrichon pratense	*Festucion variae*	0.0	9.1	9.1
Valeriana dioica	*Molinion*	40.9	50.0	9.1
Cynosurus cristatus	*Cynosurion*	9.1	18.2	9.1
***Hieracium murorum* aggr.**	*Calamagrostion*	9.1	18.2	9.1
Carex nigra	*Caricion fuscae*	9.1	13.6	4.5
Dactylorhiza incarnata	*Caricion davallianae*	9.1	13.6	4.5
Succisa pratensis	*Molinion*	86.4	90.9	4.5
Allium schoenoprasum	*Caricion davallianae*	4.5	9.1	4.5
Caltha palustris	*Calthion*	4.5	9.1	4.5
Listera ovata	*Fraxinion*	4.5	9.1	4.5
Medicago lupulina	*Arrhenatherion*	4.5	9.1	4.5
Phragmites australis	*Phragmition*	4.5	9.1	4.5
***Primula veris* s.str.**	*Mesobromion*	4.5	9.1	4.5
Carex montana	*Mesobromion*	45.5	50.0	4.5
Cirsium rivulare	*Calthion*	45.5	50.0	4.5
***Alchemilla fissa* aggr.**	*Arabidion caerulea*	0.0	4.5	4.5
Arenaria serpyllifolia	*Alysso-Sedion*	0.0	4.5	4.5
Carex rostrata	*Magnocaricion*	0.0	4.5	4.5
Cardamine udicola	*Magnocaricion*	0.0	4.5	4.5
Calamagrostis varia	*Caricion ferruginae*	0.0	4.5	4.5
Potentilla palustris	*Caricion lasiocarpae*	0.0	4.5	4.5
Crepis paludosa	*Calthion*	0.0	4.5	4.5
Epipactis atrorubens	*Erico-Pinion sylvestris*	0.0	4.5	4.5
Frangula alnus	*Betulion pubescentis*	0.0	4.5	4.5
Galium mollugo	*Trifolion medii*	0.0	4.5	4.5

Galium palustre	*Magnocaricion*	0.0	4.5	4.5
***Galium verum* s.str.**	*Mesobromion*	0.0	4.5	4.5
Juncus filiformis	*Caricion fuscae / Calthion*	0.0	4.5	4.5
Myosotis scorpioides	*Calthion*	0.0	4.5	4.5
Pinus mugo* subsp. *uncinata	*Sphagnio-Piceion*	0.0	4.5	4.5
Ranunculus polyanthemophyllus		0.0	4.5	4.5
Salix myrsinifolia	*Salicion cinerea*	0.0	4.5	4.5
Stellaria graminea	*Calluno-Genistion*	0.0	4.5	4.5
Viola hirta	*Geranion sanguinei*	0.0	4.5	4.5
***Stachys officinalis* s.str.**	*Molinion*	13.6	18.2	4.5
Euphorbia verrucosa	*Mesobromion*	13.6	18.2	4.5
Astrantia major	*Caricion ferruginae*	31.8	36.4	4.5

Tableau des proportions des espèces pour l'alliance du *Calthion*, et évolution (2012 - 1974).
Proportions calculées sur 22 relevés.

	milieux caractéristiques	anciens (1974)	nouveaux (2012)	évolution
ESPECES EN DIMINUTION				
Agrostis capillaris	*Calluno-Genistion*	45.5	0.0	-45.5
Cardamine pratensis	*Arrhenatherion*	68.2	22.7	-45.5
Ranunculus acris* subsp. *friesianus	*Arrhenatherion*	86.4	50.0	-36.4
Carex panicea	*Caricion davallianae*	45.5	18.2	-27.3
Briza media	*Mesobromion*	50.0	22.7	-27.3
Silene flos-cuculi	*Molinion*	40.9	18.2	-22.7
Mentha arvensis	*Polygono-Chenopodion*	22.7	0.0	-22.7
Rhinanthus minor	*Molinion*	31.8	9.1	-22.7
***Trifolium pratense* s.str.**	*Arrhenatherion*	63.6	40.9	-22.7
Myosotis scorpioides	*Calthion*	54.5	31.8	-22.7
Succisa pratensis	*Molinion*	36.4	13.6	-22.7
Poa pratensis	*Arrhenatherion*	45.5	27.3	-18.2
Carex leporina	*Nardion*	36.4	18.2	-18.2
Carex davalliana	*Caricion davallianae*	22.7	4.5	-18.2
Trisetum flavescens	*Arrhenatherion*	22.7	4.5	-18.2
Euphrasia rostkoviana	*Mesobromion*	18.2	0.0	-18.2
Ranunculus aconitifolius	*Calthion*	18.2	0.0	-18.2
***Trifolium repens* s.str.**	*Arrhenatherion*	59.1	40.9	-18.2
Trollius europaeus	*Calthion*	40.9	22.7	-18.2
***Centaurea jacea* s.str.**	*Arrhenatherion*	31.8	13.6	-18.2
Geum rivale	*Calthion*	50.0	36.4	-13.6
Potentilla erecta	*Nardion*	40.9	27.3	-13.6
Carum carvi	*Cynosurion*	18.2	4.5	-13.6
Luzula multiflora	*Nardion*	18.2	4.5	-13.6
Ajuga reptans	*Aegopodion / Alliarion*	13.6	0.0	-13.6
***Cerastium arvense* s.str.**	*Convolulo-Agropyrion*	13.6	0.0	-13.6
***Veronica serpyllifolia* s.str.**	*Cynosurion*	13.6	0.0	-13.6
Valeriana dioica	*Molinion*	54.5	40.9	-13.6
Sanguisorba officinalis	*Molinion*	45.5	31.8	-13.6
Juncus effusus	*Calthion*	45.5	36.4	-9.1
Veronica chamaedrys	*Arrhenatherion*	45.5	36.4	-9.1
Caltha palustris	*Calthion*	95.5	86.4	-9.1
Galium palustre	*Magnocaricion*	36.4	27.3	-9.1
Crepis mollis	*Polygono-Trisetion*	13.6	4.5	-9.1
Swertia perennis	*Caricion davallianae*	13.6	4.5	-9.1
Dianthus superbus	*Molinion*	9.1	0.0	-9.1
Luzula campestris	*Calluno-Genistion*	9.1	0.0	-9.1
Nardus stricta	*Nardion*	9.1	0.0	-9.1
Potentilla palustris	*Caricion lasiocarpae*	9.1	0.0	-9.1
Primula farinosa	*Caricion davallianae*	9.1	0.0	-9.1
Blysmus compressus	*Caricion davallianae*	18.2	9.1	-9.1
Prunella vulgaris	*Cynosurion*	18.2	9.1	-9.1
Polygonum bistorta	*Calthion*	81.8	72.7	-9.1
Cirsium palustre	*Calthion*	31.8	27.3	-4.5
Phalaris arundinacea	*Phragmition / Phalaridion*	9.1	4.5	-4.5
Campanula rhomboidalis	*Polygono-Trisetion*	4.5	0.0	-4.5
Carex canescens	*Caricion fuscae*	4.5	0.0	-4.5
Carex caryophyllea	*Mesobromion*	4.5	0.0	-4.5
Carex hostiana	*Caricion davallianae*	4.5	0.0	-4.5
Chaerophyllum aureum	*Aegopodion / Alliarion*	4.5	0.0	-4.5
Chaerophyllum hirsutum	*Calthion*	4.5	0.0	-4.5
Colchicum autumnale	*Molinion*	4.5	0.0	-4.5
Crepis biennis	*Arrhenatherion*	4.5	0.0	-4.5

Galium aparine	*Aegopodion / Alliarion*	4.5	0.0	-4.5
Galium boreale	*Molinion*	4.5	0.0	-4.5
Genista tinctoria	*Molinion*	4.5	0.0	-4.5
Gentiana verna	*Seslerion*	4.5	0.0	-4.5
Koeleria pyramidata	*Mesobromion*	4.5	0.0	-4.5
Polygala amarella	*Molinion*	4.5	0.0	-4.5
***Ranunculus auricomus* aggr.**	*Carpinion betuli*	4.5	0.0	-4.5
Rumex obtusifolius	*Agropyrion-Rumicion*	4.5	0.0	-4.5
***Scabiosa columbaria* s.str.**	*Mesobromion*	4.5	0.0	-4.5
Scabiosa lucida	*Seslerion*	4.5	0.0	-4.5
Sesleria caerulea	*Seslerion*	4.5	0.0	-4.5
Stellaria graminea	*Calluno-Genistion*	4.5	0.0	-4.5
Tephroseris helenitis	*Molinion*	4.5	0.0	-4.5
Thlaspi perfoliatum	*Alysso-Sedion*	4.5	0.0	-4.5
***Vicia sativa* s.str.**	*gazons et prairies artificielles*	4.5	0.0	-4.5
Carex echinata	*Caricion fuscae*	13.6	9.1	-4.5
Lotus corniculatus		13.6	9.1	-4.5
Juncus articulatus	*Caricion davallianae*	27.3	22.7	-4.5
Anthoxanthum odoratum	*Arrhenatherion*	68.2	63.6	-4.5
Festuca rubra	*Cynosurion*	68.2	63.6	-4.5
Helictotrichon pubescens	*Arrhenatherion*	18.2	13.6	-4.5
Viola palustris	*Caricion fuscae*	18.2	13.6	-4.5
ESPECES STABLES				
***Aconitum napellus* aggr.**	*Filipendulion / Adenostylion*	4.5	4.5	0.0
Aconitum neomontanum	*Filipendulion / Adenostylion*	4.5	4.5	0.0
Agropyron repens	*Convolulo-Agropyrion*	4.5	4.5	0.0
Carex acutiformis	*Alnion glutinosae*	4.5	4.5	0.0
Juncus alpinoarticulatus	*Caricion bicolori-atrofuscae*	4.5	4.5	0.0
Molinia caerulea	*Molinion*	4.5	4.5	0.0
Plantago media	*Mesobromion*	4.5	4.5	0.0
***Heracleum sphondylium* s.str.**	*Arrhenatherion*	9.1	9.1	0.0
Primula elatior s.str.	*Polygono-Trisetion*	13.6	13.6	0.0
***Taraxacum officinale* aggr.**	*Arrhenatherion*	18.2	18.2	0.0
Poa trivialis s.str.	*Arrhenatherion*	40.9	40.9	0.0
Rumex acetosa	*Arrhenatherion*	40.9	40.9	0.0
***Alchemilla vulgaris* aggr.**	*Cynosurion*	31.8	31.8	0.0
Ranunculus repens	*Agropyrion-Rumicion*	31.8	31.8	0.0
ESPECES EN AUGMENTATION				
Valeriana officinalis	*Filipendulion*	0.0	36.4	36.4
Lathyrus pratensis	*Arrhenatherion*	31.8	59.1	27.3
Epilobium parviflorum	*Convolvulion*	0.0	22.7	22.7
Rumex crispus	*Agropyrion-Rumicion*	0.0	22.7	22.7
Agrostis stolonifera	*Agropyrion-Rumicion*	50.0	72.7	22.7
Alopecurus pratensis	*Arrhenatherion*	4.5	27.3	22.7
Juncus inflexus	*Agropyrion-Rumicion*	13.6	36.4	22.7
Galium uliginosum	*Molinion*	40.9	59.1	18.2
Galium mollugo	*Trifolion medii*	0.0	18.2	18.2
Cruciata laevipes	*Trifolion medii*	9.1	27.3	18.2
Phleum pratense	*Arrhenatherion*	27.3	45.5	18.2
Cirsium rivulare	*Calthion*	50.0	63.6	13.6
Carex flacca	*Molinion*	9.1	22.7	13.6
***Veratrum album* s.l.**	*Rumicion alpini*	9.1	22.7	13.6
Anthriscus sylvestris	*Arrhenatherion*	4.5	18.2	13.6
Carex rostrata	*Magnocaricion*	13.6	27.3	13.6
Equisetum palustre	*Calthion*	13.6	27.3	13.6
Cynosurus cristatus	*Cynosurion*	22.7	36.4	13.6

Deschampsia cespitosa	*Calthion*	45.5	54.5	9.1
Eriophorum angustifolium	*Caricion fuscae*	4.5	13.6	9.1
Urtica dioica	*Phalaridion / Convolvulion*	4.5	13.6	9.1
Carex flava	*Caricion davallianae*	13.6	22.7	9.1
Scirpus sylvaticus	*Calthion*	13.6	22.7	9.1
Veronica beccabunga	*Glycerio-Sparganion*	13.6	22.7	9.1
Filipendula ulmaria	*Filipendulion*	72.7	81.8	9.1
Agrostis canina	*Caricion fuscae*	0.0	9.1	9.1
Carex acuta	*Magnocaricion*	0.0	9.1	9.1
Chaerophyllum villarsii	*Polygono-Trisetion / Adenostylion*	0.0	9.1	9.1
Cirsium oleraceum	*Calthion / Filipendulion*	0.0	9.1	9.1
Clinopodium vulgare	*Trifolion medii*	0.0	9.1	9.1
Lolium perenne	*Cynosurion*	0.0	9.1	9.1
***Plantago major* s.str.**	*Cynosurion*	0.0	9.1	9.1
Galeopsis tetrahit	*Epilobion angustifolii*	9.1	18.2	9.1
Dactylis glomerata	*Arrhenatherion*	18.2	27.3	9.1
Carex nigra	*Caricion fuscae*	50.0	54.5	4.5
Angelica sylvestris	*Filipendulion*	18.2	22.7	4.5
***Leontodon hispidus* s.str.**	*Poion alpinae*	18.2	22.7	4.5
Carex pallescens	*Nardion*	4.5	9.1	4.5
Dactylorhiza fistulosa	*Calthion*	4.5	9.1	4.5
Epilobium hirsutum	*Filipendulion / Convolvulion*	4.5	9.1	4.5
Festuca ovina	*Nardion*	4.5	9.1	4.5
Plantago lanceolata	*Arrhenatherion*	4.5	9.1	4.5
Rhinanthus alectorolophus	*Arrhenatherion*	4.5	9.1	4.5
Veronica officinalis	*Filipendulion*	4.5	9.1	4.5
***Festuca pratensis* s.str.**	*Arrhenatherion*	45.5	50.0	4.5
Achillea millefolium	*Arrhenatherion / Cynosurion*	0.0	4.5	4.5
***Alchemilla glabra* aggr.**	*Cynosurion*	0.0	4.5	4.5
***Bromus erectus* s.str.**	*Mesobromion*	0.0	4.5	4.5
Carex elata	*Magnocaricion*	0.0	4.5	4.5
Carex lasiocarpa	*Caricion lasiocarpae*	0.0	4.5	4.5
***Cirsium eriophorum* s.str.**	*Onopordion*	0.0	4.5	4.5
Epilobium obscurum	*Cardamino-Montion*	0.0	4.5	4.5
Epilobium roseum	*Convolvulion*	0.0	4.5	4.5
***Festuca arundinacea* s.l.**	*Agropyrion-Rumicion*	0.0	4.5	4.5
Galium elongatum	*Alnion glutinosae*	0.0	4.5	4.5
Geranium sylvaticum	*Adenostylion / Polygono-Trisetion*	0.0	4.5	4.5
Gymnadenia conopsea	*Mesobromion*	0.0	4.5	4.5
Juncus compressus	*Agropyrion-Rumicion*	0.0	4.5	4.5
***Leucanthemum vulgare* aggr.**		0.0	4.5	4.5
Linum catharticum	*Molinion*	0.0	4.5	4.5
Origanum vulgare	*Trifolion medii*	0.0	4.5	4.5
Parnassia palustris	*Caricion davallianae*	0.0	4.5	4.5
Pedicularis palustris	*Caricion fuscae*	0.0	4.5	4.5
Polemonium caeruleum	*Filipendulion*	0.0	4.5	4.5
***Primula veris* s.str.**	*Mesobromion*	0.0	4.5	4.5
Silene dioica	*Polygono-Trisetion*	0.0	4.5	4.5
Veronica scutellata	*Littorellion*	0.0	4.5	4.5
Vicia cracca s.str.	*Molinion / Arrhenatherion*	54.5	59.1	4.5
Carex paniculata	*Magnocaricion*	13.6	18.2	4.5
Cerastium fontanum* subsp. *vulgare	*Poion alpinae*	13.6	18.2	4.5
Crepis paludosa	*Calthion*	13.6	18.2	4.5
Glyceria notata	*Glycerio-Sparganion*	13.6	18.2	4.5
Carex hirta	*Agropyrion-Rumicion*	31.8	36.4	4.5
Epilobium palustre	*Caricion fuscae*	31.8	36.4	4.5

Tableau des proportions des espèces pour l'alliance du *Filipendulion*, et évolution (2012 - 1974).
Proportions calculées sur 28 relevés.

	milieux caractéristiques	anciens (1974)	nouveaux (2012)	évolution
ESPECES EN DIMINUTION				
Cardamine pratensis	*Arrhenatherion*	60.7	3.6	-57.1
Valeriana dioica	*Molinion*	71.4	14.3	-57.1
Caltha palustris	*Calthion*	75.0	35.7	-39.3
Geum rivale	*Calthion*	75.0	35.7	-39.3
Galium uliginosum	*Molinion*	39.3	10.7	-28.6
Carex acuta	*Magnocaricion*	28.6	0.0	-28.6
Sanguisorba officinalis	*Molinion*	67.9	42.9	-25.0
***Aconitum napellus* aggr.**	*Filipendulion / Adenostylion*	46.4	25.0	-21.4
Trollius europaeus	*Calthion*	46.4	25.0	-21.4
Agrostis stolonifera	*Agropyrion-Rumicion*	28.6	7.1	-21.4
Swertia perennis	*Caricion davallianae*	21.4	3.6	-17.9
Ajuga reptans	*Aegopodion / Alliarion*	17.9	0.0	-17.9
Hierochloe odorata	*Calthion*	25.0	7.1	-17.9
Galium palustre	*Magnocaricion*	32.1	14.3	-17.9
Polygonum bistorta	*Calthion*	82.1	64.3	-17.9
***Vicia cracca* s.str.**	*Molinion / Arrhenatherion*	71.4	57.1	-14.3
Agrostis capillaris	*Calluno-Genistion*	17.9	3.6	-14.3
Cruciata laevipes	*Trifolion medii*	17.9	3.6	-14.3
***Knautia dipsacifolia* s.str.**	*Polygono-Trisetion*	14.3	0.0	-14.3
Myosotis scorpioides	*Calthion*	14.3	0.0	-14.3
***Primula elatior* s.str.**	*Polygono-Trisetion*	39.3	25.0	-14.3
Potentilla erecta	*Nardion*	32.1	17.9	-14.3
***Alchemilla vulgaris* aggr.**	*Cynosurion*	14.3	3.6	-10.7
Carex davalliana	*Caricion davallianae*	14.3	3.6	-10.7
Deschampsia cespitosa	*Calthion*	57.1	46.4	-10.7
Carex nigra	*Caricion fuscae*	25.0	14.3	-10.7
Festuca rubra	*Cynosurion*	25.0	14.3	-10.7
Carex rostrata	*Magnocaricion*	17.9	10.7	-7.1
***Veratrum album* s.l.**	*Rumicion alpini*	42.9	35.7	-7.1
Carex umbrosa	*Carpinion betuli*	10.7	3.6	-7.1
Chaerophyllum aureum	*Aegopodion / Alliarion*	7.1	0.0	-7.1
Epilobium alpestre	*Adenostylion*	7.1	0.0	-7.1
Iris sibirica	*Molinion*	7.1	0.0	-7.1
Lonicera nigra	*Abieti-Fagenion*	7.1	0.0	-7.1
Salix caprea	*Salicion cinerea*	7.1	0.0	-7.1
Valeriana repens	*Filipendulion*	7.1	0.0	-7.1
Viola palustris	*Caricion fuscae*	7.1	0.0	-7.1
Galium boreale	*Molinion*	14.3	7.1	-7.1
Silene flos-cuculi	*Molinion*	14.3	7.1	-7.1
Filipendula ulmaria	*Filipendulion*	100.0	92.9	-7.1
Angelica sylvestris	*Filipendulion*	25.0	17.9	-7.1
Lathyrus pratensis	*Arrhenatherion*	46.4	39.3	-7.1
Dactylis glomerata	*Arrhenatherion*	14.3	10.7	-3.6
Molinia caerulea	*Molinion*	14.3	10.7	-3.6
***Poa trivialis* s.str.**	*Arrhenatherion*	14.3	10.7	-3.6
Carex flava	*Caricion davallianae*	7.1	3.6	-3.6
Carex hirta	*Agropyrion-Rumicion*	7.1	3.6	-3.6
Cirsium palustre	*Calthion*	7.1	3.6	-3.6
Dianthus superbus	*Molinion*	7.1	3.6	-3.6
Knautia arvensis	*Arrhenatherion*	7.1	3.6	-3.6
Carex canescens	*Caricion fuscae*	3.6	0.0	-3.6
Carex panicea	*Caricion davallianae*	3.6	0.0	-3.6
***Centaurea jacea* s.str.**	*Arrhenatherion*	3.6	0.0	-3.6

Potentilla palustris	*Caricion lasiocarpae*	3.6	0.0	-3.6
Crepis mollis	*Polygono-Trisetion*	3.6	0.0	-3.6
Daphne mezereum	*Lonicero-Fagenion*	3.6	0.0	-3.6
Epilobium montanum	*Galio-Fagenion*	3.6	0.0	-3.6
***Lamium galeobdolon* s.str.**	*Galio-Fagenion*	3.6	0.0	-3.6
Leucojum vernum	*Fraxinion*	3.6	0.0	-3.6
Oxalis acetosella	*Vaccinio-Piceion*	3.6	0.0	-3.6
Parnassia palustris	*Caricion davallianae*	3.6	0.0	-3.6
Paris quadrifolia	*Abieti-Fagenion*	3.6	0.0	-3.6
Pedicularis palustris	*Caricion fuscae*	3.6	0.0	-3.6
Polygala amarella	*Molinion*	3.6	0.0	-3.6
***Ranunculus auricomus* aggr.**	*Carpinion betuli*	3.6	0.0	-3.6
Salix cinerea	*Salicion cinerea*	3.6	0.0	-3.6
Salix repens	*Salicion cinerea*	3.6	0.0	-3.6
Scrophularia nodosa	*Fraxinion*	3.6	0.0	-3.6
Stellaria alsine	*Cardamino-Montion*	3.6	0.0	-3.6
***Stellaria nemorum* s.str.**	*Petasition officinalis*	3.6	0.0	-3.6
Viburnum opulus	*Fraxinion*	3.6	0.0	-3.6
Vicia sepium	*Aegopodion / Alliarion*	3.6	0.0	-3.6
Colchicum autumnale	*Molinion*	10.7	7.1	-3.6
***Hypericum maculatum* s.str.**	*Poion alpinae*	10.7	7.1	-3.6
Juncus inflexus	*Agropyrion-Rumicion*	10.7	7.1	-3.6
Phragmites australis	*Phragmition*	10.7	7.1	-3.6
Carex acutiformis	*Alnion glutinosae*	46.4	42.9	-3.6
ESPECES STABLES				
Cirsium rivulare	*Calthion*	60.7	60.7	0.0
Carex sylvatica	*Galio-Fagenion*	10.7	10.7	0.0
Briza media	*Mesobromion*	3.6	3.6	0.0
Carex pallescens	*Nardion*	3.6	3.6	0.0
Anthriscus sylvestris	*Arrhenatherion*	3.6	3.6	0.0
Epilobium hirsutum	*Filipendulion / Convolvulion*	3.6	3.6	0.0
Poa pratensis	*Arrhenatherion*	7.1	7.1	0.0
Rubus idaeus	*Atropion*	7.1	7.1	0.0
Chaerophyllum hirsutum	*Calthion*	14.3	14.3	0.0
Equisetum sylvaticum	*Alnion incanae*	14.3	14.3	0.0
ESPECES EN AUGMENTATION				
Galeopsis tetrahit	*Epilobion angustifolii*	3.6	28.6	25.0
Carex elata	*Magnocaricion*	0.0	17.9	17.9
Galium aparine	*Aegopodion / Alliarion*	0.0	17.9	17.9
***Leontodon hispidus* s.str.**	*Poion alpinae*	0.0	17.9	17.9
Urtica dioica	*Phalaridion / Convolvulion*	3.6	21.4	17.9
Carex paniculata	*Magnocaricion*	7.1	25.0	17.9
Silene dioica	*Polygono-Trisetion*	17.9	35.7	17.9
Valeriana officinalis	*Filipendulion*	17.9	35.7	17.9
Astrantia major	*Caricion ferruginae*	3.6	17.9	14.3
Phalaris arundinacea	*Phragmition / Phalaridion*	28.6	42.9	14.3
Galium mollugo	*Trifolion medii*	21.4	35.7	14.3
Rumex acetosa	*Arrhenatherion*	3.6	14.3	10.7
Ranunculus aconitifolius	*Calthion*	32.1	42.9	10.7
Cirsium oleraceum	*Calthion / Filipendulion*	7.1	17.9	10.7
Calamagrostis canescens	*Phalaridion*	17.9	28.6	10.7
Alopecurus pratensis	*Arrhenatherion*	0.0	10.7	10.7
Carex flacca	*Molinion*	0.0	10.7	10.7
Dactylorhiza fistulosa	*Calthion*	0.0	10.7	10.7
***Heracleum sphondylium* s.str.**	*Arrhenatherion*	7.1	14.3	7.1
Scirpus sylvaticus	*Calthion*	7.1	14.3	7.1

Geranium sylvaticum	*Adenostylion / Polygono-Trisetion*	10.7	17.9	7.1
Scutellaria galericulata	*Magnocaricion*	0.0	7.1	7.1
Veronica chamaedrys	*Arrhenatherion*	0.0	7.1	7.1
Aconitum neomontanum	*Filipendulion / Adenostylion*	14.3	17.9	3.6
Crepis paludosa	*Calthion*	14.3	17.9	3.6
Juncus effusus	*Calthion*	14.3	17.9	3.6
Agropyron repens	*Convolulo-Agropyrion*	3.6	7.1	3.6
Athyrium filix-femina	*Abieti-Fagenion*	3.6	7.1	3.6
Epilobium parviflorum	*Convolvulion*	3.6	7.1	3.6
Equisetum palustre	*Calthion*	3.6	7.1	3.6
Succisa pratensis	*Molinion*	21.4	25.0	3.6
Agropyron caninum	*Convolvulion*	0.0	3.6	3.6
***Alchemilla glabra* aggr.**	*Cynosurion*	0.0	3.6	3.6
Anthoxanthum odoratum	*Arrhenatherion*	0.0	3.6	3.6
Betula pubescens	*Salicion cinerea*	0.0	3.6	3.6
Bromus sterilis	*Mesobromion*	0.0	3.6	3.6
Carex montana	*Mesobromion*	0.0	3.6	3.6
Campanula rhomboidalis	*Polygono-Trisetion*	0.0	3.6	3.6
Carex leporina	*Nardion*	0.0	3.6	3.6
Carex echinata	*Caricion fuscae*	0.0	3.6	3.6
Calamagrostis varia	*Caricion ferruginae*	0.0	3.6	3.6
Daphne laureola	*Lonicero-Fagenion*	0.0	3.6	3.6
Eriophorum latifolium	*Caricion davallianae*	0.0	3.6	3.6
Erysimum cheiranthoides	*Polygono-Chenopodion*	0.0	3.6	3.6
***Festuca pratensis* s.str.**	*Arrhenatherion*	0.0	3.6	3.6
Helictotrichon pratense	*Festucion variae*	0.0	3.6	3.6
Luzula multiflora	*Nardion*	0.0	3.6	3.6
Phleum pratense	*Arrhenatherion*	0.0	3.6	3.6
Polemonium caeruleum	*Filipendulion*	0.0	3.6	3.6
Ranunculus acris* subsp. *friesianus	*Arrhenatherion*	0.0	3.6	3.6
Salix triandra	*Salicion cinerea*	0.0	3.6	3.6
Clinopodium vulgare	*Trifolion medii*	0.0	3.6	3.6
Stellaria graminea	*Calluno-Genistion*	0.0	3.6	3.6
***Taraxacum officinale* aggr.**	*Arrhenatherion*	0.0	3.6	3.6
Thesium pyrenaicum	*Calluno-Genistion*	0.0	3.6	3.6
***Trifolium pratense* s.str.**	*Arrhenatherion*	0.0	3.6	3.6
Epilobium palustre	*Caricion fuscae*	7.1	10.7	3.6
Gentiana lutea	*Seslerion*	7.1	10.7	3.6

Tableau des proportions des espèces pour l'alliance du *Caricion davallianae*, et évolution (2012 - 1974).
Proportions calculées sur 22 relevés.

	milieux caractéristiques	anciens (1974)	nouveaux (2012)	évolution
ESPECES EN DIMINUTION				
Pinguicula vulgaris	*Cratoneurion*	59.09	13.64	-45.45
Carex panicea	*Caricion davallianae*	86.36	50.00	-36.36
Primula farinosa	*Caricion davallianae*	77.27	45.45	-31.82
Parnassia palustris	*Caricion davallianae*	81.82	50.00	-31.82
Festuca ovina	*Nardion*	45.45	18.18	-27.27
Galium boreale	*Molinion*	59.09	36.36	-22.73
Thesium pyrenaicum	*Calluno-Genistion*	27.27	4.55	-22.73
Salix repens	*Salicion cinerea*	63.64	45.45	-18.18
Valeriana dioica	*Molinion*	63.64	45.45	-18.18
Swertia perennis	*Caricion davallianae*	45.45	27.27	-18.18
Eriophorum latifolium	*Caricion davallianae*	36.36	18.18	-18.18
Gentiana ciliata	*Mesobromion*	18.18	0.00	-18.18
Phyteuma orbiculare	*Seslerion*	18.18	0.00	-18.18
Molinia caerulea	*Molinion*	90.91	77.27	-13.64
Euphrasia rostkoviana	*Mesobromion*	18.18	4.55	-13.64
Carex pulicaris	*Caricion fuscae*	13.64	0.00	-13.64
Carex echinata	*Caricion fuscae*	13.64	0.00	-13.64
Epipactis palustris	*Caricion davallianae*	22.73	9.09	-13.64
Succisa pratensis	*Molinion*	95.45	81.82	-13.64
Trichophorum cespitosum	*Caricion davallianae*	27.27	13.64	-13.64
Schoenus ferrugineus	*Caricion davallianae*	45.45	36.36	-9.09
Cirsium acaule	*Mesobromion*	13.64	4.55	-9.09
Colchicum autumnale	*Molinion*	13.64	4.55	-9.09
Equisetum fluviatile	*Phragmition*	13.64	4.55	-9.09
Galium palustre	*Magnocaricion*	13.64	4.55	-9.09
Gentiana verna	*Seslerion*	13.64	4.55	-9.09
Sesleria caerulea	*Seslerion*	13.64	4.55	-9.09
Carex ornithopoda	*Seslerion*	9.09	0.00	-9.09
Cardamine pratensis	*Arrhenatherion*	9.09	0.00	-9.09
Potentilla palustris	*Caricion lasiocarpae*	9.09	0.00	-9.09
***Knautia dipsacifolia* s.str.**	*Polygono-Trisetion*	9.09	0.00	-9.09
Plantago media	*Mesobromion*	9.09	0.00	-9.09
Selaginella selaginoides	*Caricion bicolori-atrofuscae*	9.09	0.00	-9.09
Agrostis stolonifera	*Agropyrion-Rumicion*	18.18	9.09	-9.09
Gymnadenia conopsea	*Mesobromion*	18.18	9.09	-9.09
Tofieldia calyculata	*Caricion davallianae*	18.18	9.09	-9.09
Potentilla erecta	*Nardion*	90.91	81.82	-9.09
Eriophorum angustifolium	*Caricion fuscae*	31.82	22.73	-9.09
***Centaurea jacea* s.str.**	*Arrhenatherion*	22.73	13.64	-9.09
***Leontodon hispidus* s.str.**	*Poion alpinae*	22.73	13.64	-9.09
Silaum silaus	*Molinion*	22.73	13.64	-9.09
Carex davalliana	*Caricion davallianae*	63.64	54.55	-9.09
Scabiosa lucida	*Seslerion*	22.73	18.18	-4.55
Carex umbrosa	*Carpinion betuli*	9.09	4.55	-4.55
Phyteuma spicatum	*Abieti-Fagenion*	9.09	4.55	-4.55
Agrostis capillaris	*Calluno-Genistion*	4.55	0.00	-4.55
Arenaria serpyllifolia	*Alysso-Sedion*	4.55	0.00	-4.55
Bartsia alpina	*Caricion bicolori-atrofuscae*	4.55	0.00	-4.55
Blysmus compressus	*Caricion davallianae*	4.55	0.00	-4.55
Carex caryophyllea	*Mesobromion*	4.55	0.00	-4.55
Leucanthemum adustum	*Erico-Pinion sylvestris*	4.55	0.00	-4.55
Gentiana lutea	*Seslerion*	4.55	0.00	-4.55
***Helianthemum nummularium* s.str.**	*Mesobromion*	4.55	0.00	-4.55

***Helianthemum nummularium* s.str.**	*Mesobromion*	4.55	0.00	-4.55
Eleocharis quinqueflora	*Caricion davallianae*	4.55	0.00	-4.55
Hippocrepis comosa	*Mesobromion*	4.55	0.00	-4.55
***Hieracium murorum* aggr.**	*Calamagrostion*	4.55	0.00	-4.55
Juncus alpinoarticulatus	*Caricion bicolori-atrofuscae*	4.55	0.00	-4.55
Luzula campestris	*Calluno-Genistion*	4.55	0.00	-4.55
Mentha aquatica	*Magnocaricion*	4.55	0.00	-4.55
Vaccinium oxycoccos	*Sphagnion magellanici*	4.55	0.00	-4.55
Pulmonaria officinalis	*Galio-Fagenion*	4.55	0.00	-4.55
Pyrola rotundifolia	*Vaccinio-Piceion*	4.55	0.00	-4.55
***Sanguisorba minor* s.str.**	*Mesobromion*	4.55	0.00	-4.55
Sagina nodosa	*Nanocyperion*	4.55	0.00	-4.55
Salix purpurea	*Salicion cinerea*	4.55	0.00	-4.55
Tephroseris helenitis	*Molinion*	4.55	0.00	-4.55
Danthonia decumbens	*Nardion*	4.55	0.00	-4.55
Tussilago farfara	*Convolvulion / Agropyrion*	4.55	0.00	-4.55
Eriophorum vaginatum	*Sphagnion magellanici*	13.64	9.09	-4.55
Dactylorhiza fistulosa	*Calthion*	27.27	22.73	-4.55
Pedicularis palustris	*Caricion fuscae*	18.18	13.64	-4.55
ESPECES STABLES				
Phragmites australis	*Phragmition*	27.27	27.27	0.00
Carex acutiformis	*Alnion glutinosae*	4.55	4.55	0.00
Campanula rotundifolia	*Asplenio serpentini*	4.55	4.55	0.00
Crepis mollis	*Polygono-Trisetion*	4.55	4.55	0.00
Euphorbia verrucosa	*Mesobromion*	4.55	4.55	0.00
Galium pumilum	*Calluno-Genistion*	4.55	4.55	0.00
Listera ovata	*Fraxinion*	4.55	4.55	0.00
Luzula multiflora	*Nardion*	4.55	4.55	0.00
Nardus stricta	*Nardion*	4.55	4.55	0.00
Poa pratensis	*Arrhenatherion*	4.55	4.55	0.00
Veronica chamaedrys	*Arrhenatherion*	4.55	4.55	0.00
***Alchemilla vulgaris* aggr.**	*Cynosurion*	9.09	9.09	0.00
Carex paniculata	*Magnocaricion*	9.09	9.09	0.00
Juncus articulatus	*Caricion davallianae*	9.09	9.09	0.00
Juncus effusus	*Calthion*	9.09	9.09	0.00
Koeleria pyramidata	*Mesobromion*	9.09	9.09	0.00
Menyanthes trifoliata	*Caricion lasiocarpae*	9.09	9.09	0.00
Dactylorhiza incarnata	*Caricion davallianae*	9.09	9.09	0.00
***Primula elatior* s.str.**	*Polygono-Trisetion*	9.09	9.09	0.00
Viola palustris	*Caricion fuscae*	9.09	9.09	0.00
Trollius europaeus	*Calthion*	31.82	31.82	0.00
Crepis paludosa	*Calthion*	22.73	22.73	0.00
Equisetum variegatum	*Caricion bicolori-atrofuscae*	13.64	13.64	0.00
Linum catharticum	*Molinion*	13.64	13.64	0.00
ESPECES EN AUGMENTATION				
Festuca rubra	*Cynosurion*	4.55	59.09	54.55
Filipendula ulmaria	*Filipendulion*	22.73	63.64	40.91
Cirsium rivulare	*Calthion*	4.55	31.82	27.27
***Vicia cracca* s.str.**	*Molinion / Arrhenatherion*	45.45	68.18	22.73
Silene flos-cuculi	*Molinion*	4.55	22.73	18.18
Carex flacca	*Molinion*	31.82	50.00	18.18
Polygonum bistorta	*Calthion*	9.09	27.27	18.18
Chaerophyllum villarsii	*Polygono-Trisetion / Adenostylion*	0.00	13.64	13.64
Dactylis glomerata	*Arrhenatherion*	0.00	13.64	13.64
Galium mollugo	*Trifolion medii*	0.00	13.64	13.64
Valeriana officinalis	*Filipendulion*	0.00	13.64	13.64

Cirsium palustre	*Calthion*	9.09	22.73	13.64
Geum rivale	*Calthion*	9.09	22.73	13.64
Sanguisorba officinalis	*Molinion*	68.18	81.82	13.64
***Trifolium pratense* s.str.**	*Arrhenatherion*	4.55	18.18	13.64
Angelica sylvestris	*Filipendulion*	22.73	36.36	13.64
Betula pubescens	*Salicion cinerea*	22.73	36.36	13.64
Aconitum neomontanum	*Filipendulion / Adenostylion*	4.55	13.64	9.09
Anthoxanthum odoratum	*Arrhenatherion*	4.55	13.64	9.09
Ranunculus acris* subsp. *friesianus	*Arrhenatherion*	4.55	13.64	9.09
Rhinanthus minor	*Molinion*	4.55	13.64	9.09
Picea abies	*Abieti-Piceion*	13.64	22.73	9.09
Caltha palustris	*Calthion*	22.73	31.82	9.09
Lathyrus pratensis	*Arrhenatherion*	22.73	31.82	9.09
Agrostis canina	*Caricion fuscae*	0.00	9.09	9.09
***Bromus erectus* s.str.**	*Mesobromion*	0.00	9.09	9.09
Carex acuta	*Magnocaricion*	0.00	9.09	9.09
Carex montana	*Mesobromion*	0.00	9.09	9.09
Carex leporina	*Nardion*	0.00	9.09	9.09
Centaurea montana	*Caricion ferruginae*	0.00	9.09	9.09
Cruciata laevipes	*Trifolion medii*	0.00	9.09	9.09
Cynosurus cristatus	*Cynosurion*	0.00	9.09	9.09
***Festuca pratensis* s.str.**	*Arrhenatherion*	0.00	9.09	9.09
Juncus inflexus	*Agropyrion-Rumicion*	0.00	9.09	9.09
Phleum pratense	*Arrhenatherion*	0.00	9.09	9.09
***Poa trivialis* s.str.**	*Arrhenatherion*	0.00	9.09	9.09
Ranunculus aconitifolius	*Calthion*	0.00	9.09	9.09
Rumex acetosa	*Arrhenatherion*	0.00	9.09	9.09
***Trifolium repens* s.str.**	*Arrhenatherion*	0.00	9.09	9.09
Briza media	*Mesobromion*	40.91	50.00	9.09
Carex elata	*Magnocaricion*	9.09	18.18	9.09
***Veratrum album* s.l.**	*Rumicion alpini*	9.09	18.18	9.09
Carex rostrata	*Magnocaricion*	18.18	27.27	9.09
Galium uliginosum	*Molinion*	27.27	36.36	9.09
Dianthus superbus	*Molinion*	9.09	13.64	4.55
Genista tinctoria	*Molinion*	9.09	13.64	4.55
Equisetum palustre	*Calthion*	18.18	22.73	4.55
Lotus corniculatus		18.18	22.73	4.55
Carex nigra	*Caricion fuscae*	27.27	31.82	4.55
Carex flava	*Caricion davallianae*	27.27	31.82	4.55
Carex lasiocarpa	*Caricion lasiocarpae*	4.55	9.09	4.55
Calamagrostis varia	*Caricion ferruginae*	4.55	9.09	4.55
Prunella vulgaris	*Cynosurion*	4.55	9.09	4.55
Carex lepidocarpa	*Caricion davallianae*	0.00	4.55	4.55
Carex hirta	*Agropyrion-Rumicion*	0.00	4.55	4.55
Carex sempervirens	*Seslerion*	0.00	4.55	4.55
Cardamine udicola	*Magnocaricion*	0.00	4.55	4.55
Cerastium fontanum* subsp. *vulgare	*Poion alpinae*	0.00	4.55	4.55
***Leucanthemum vulgare* aggr.**		0.00	4.55	4.55
Epilobium hirsutum	*Filipendulion / Convolvulion*	0.00	4.55	4.55
Helictotrichon pubescens	*Arrhenatherion*	0.00	4.55	4.55
Holcus lanatus	*Arrhenatherion*	0.00	4.55	4.55
***Hypericum maculatum* s.str.**	*Poion alpinae*	0.00	4.55	4.55
Iris sibirica	*Molinion*	0.00	4.55	4.55
Mentha spicata	*Arction*	0.00	4.55	4.55
Myosotis sylvatica	*Polygono-Trisetion*	0.00	4.55	4.55
Myosotis scorpioides	*Calthion*	0.00	4.55	4.55
Plantago lanceolata	*Arrhenatherion*	0.00	4.55	4.55
***Ranunculus nemorosus* aggr.**	*Poion alpinae*	0.00	4.55	4.55

Rhinanthus alectorolophus	*Arrhenatherion*	0.00	4.55	4.55
Salix pentandra	*Salicion cinerea*	0.00	4.55	4.55
Scirpus sylvaticus	*Calthion*	0.00	4.55	4.55
Thalictrum aquilegiifolium	*Adenostylion*	0.00	4.55	4.55
Veronica beccabunga	*Glycerio-Sparganion*	0.00	4.55	4.55
Deschampsia cespitosa	*Calthion*	13.64	18.18	4.55
Polygala amarella	*Molinion*	22.73	27.27	4.55
Carex hostiana	*Caricion davallianae*	31.82	36.36	4.55

Tableau des proportions des espèces pour l'alliance du *Caricion fuscae*, et évolution (2012 - 1974).
Proportions calculées sur 16 relevés.

	milieux caractéristiques	anciens (1974)	nouveaux (2012)	évolution
ESPECES EN DIMINUTION				
Nardus stricta	*Nardion*	62.5	0.0	-62.5
Agrostis capillaris	*Calluno-Genistion*	56.3	6.3	-50.0
Carex echinata	*Caricion fuscae*	62.5	18.8	-43.8
Eriophorum angustifolium	*Caricion fuscae*	43.8	12.5	-31.3
Eriophorum vaginatum	*Sphagnion magellanici*	62.5	37.5	-25.0
Anthoxanthum odoratum	*Arrhenatherion*	81.3	62.5	-18.8
Calluna vulgaris	*Sphagnion magellanici*	56.3	37.5	-18.8
Cardamine pratensis	*Arrhenatherion*	25.0	6.3	-18.8
Luzula campestris	*Calluno-Genistion*	25.0	6.3	-18.8
Trichophorum cespitosum	*Caricion davallianae*	62.5	43.8	-18.8
Carex panicea	*Caricion davallianae*	31.3	18.8	-12.5
Epilobium palustre	*Caricion fuscae*	31.3	18.8	-12.5
Gentiana lutea	*Seslerion*	12.5	0.0	-12.5
Poa pratensis	*Arrhenatherion*	12.5	0.0	-12.5
Rhinanthus minor	*Molinion*	12.5	0.0	-12.5
***Vicia cracca* s.str.**	*Molinion / Arrhenatherion*	31.3	18.8	-12.5
Viola palustris	*Caricion fuscae*	68.8	56.3	-12.5
***Alchemilla vulgaris* aggr.**	*Cynosurion*	6.3	0.0	-6.3
Briza media	*Mesobromion*	25.0	18.8	-6.3
Carex canescens	*Caricion fuscae*	6.3	0.0	-6.3
Carex paniculata	*Magnocaricion*	6.3	0.0	-6.3
Carex pauciflora	*Sphagnion magellanici*	6.3	0.0	-6.3
Carex leporina	*Nardion*	18.8	12.5	-6.3
Carex rostrata	*Magnocaricion*	37.5	31.3	-6.3
Calamagrostis varia	*Caricion ferruginae*	6.3	0.0	-6.3
***Cerastium arvense* s.str.**	*Convolulo-Agropyrion*	6.3	0.0	-6.3
Cirsium palustre	*Calthion*	31.3	25.0	-6.3
Crocus albiflorus	*Polygono-Trisetion*	6.3	0.0	-6.3
Crepis paludosa	*Calthion*	6.3	0.0	-6.3
Euphrasia rostkoviana	*Mesobromion*	6.3	0.0	-6.3
Galium boreale	*Molinion*	12.5	6.3	-6.3
Galium palustre	*Magnocaricion*	18.8	12.5	-6.3
Hieracium lactucella	*Calluno-Genistion*	6.3	0.0	-6.3
Juncus effusus	*Calthion*	18.8	12.5	-6.3
Luzula multiflora	*Nardion*	75.0	68.8	-6.3
Vaccinium oxycoccos	*Sphagnion magellanici*	25.0	18.8	-6.3
Pedicularis palustris	*Caricion fuscae*	6.3	0.0	-6.3
Ranunculus acris* subsp. *friesianus	*Arrhenatherion*	18.8	12.5	-6.3
Salix purpurea	*Salicion cinerea*	6.3	0.0	-6.3
Salix repens	*Salicion cinerea*	18.8	12.5	-6.3
ESPECES STABLES				
Ajuga reptans	*Aegopodion / Alliarion*	12.5	12.5	0.0
Carex nigra	*Caricion fuscae*	93.8	93.8	0.0
Filipendula ulmaria	*Filipendulion*	37.5	37.5	0.0
Melampyrum pratense	*Luzulo-Fagenion*	6.3	6.3	0.0
Molinia caerulea	*Molinion*	56.3	56.3	0.0
Myosotis scorpioides	*Calthion*	6.3	6.3	0.0
***Solidago virgaurea* s.str.**	*Epilobion angustifolii*	12.5	12.5	0.0
Trollius europaeus	*Calthion*	18.8	18.8	0.0
Vaccinium vitis-idaea	*Calluno-Genistion*	6.3	6.3	0.0
ESPECES EN AUGMENTATION				

Lathyrus pratensis	*Arrhenatherion*	18.8	56.3	37.5
Agrostis canina	*Caricion fuscae*	0.0	31.3	31.3
Cirsium rivulare	*Calthion*	0.0	31.3	31.3
Dactylorhiza fistulosa	*Calthion*	0.0	31.3	31.3
Melampyrum sylvaticum	*Vaccinio-Piceion*	6.3	31.3	25.0
Rumex acetosa	*Arrhenatherion*	6.3	31.3	25.0
Valeriana dioica	*Molinion*	6.3	31.3	25.0
Angelica sylvestris	*Filipendulion*	12.5	31.3	18.8
Betula pubescens	*Salicion cinerea*	12.5	31.3	18.8
Carex lasiocarpa	*Caricion lasiocarpae*	0.0	18.8	18.8
Potentilla palustris	*Caricion lasiocarpae*	25.0	43.8	18.8
Sanguisorba officinalis	*Molinion*	50.0	68.8	18.8
Silene flos-cuculi	*Molinion*	12.5	31.3	18.8
Succisa pratensis	*Molinion*	50.0	68.8	18.8
***Aconitum napellus* aggr.**	*Filipendulion / Adenostylion*	0.0	12.5	12.5
Agrostis stolonifera	*Agropyrion-Rumicion*	12.5	25.0	12.5
Caltha palustris	*Calthion*	12.5	25.0	12.5
Crepis mollis	*Polygono-Trisetion*	12.5	25.0	12.5
Equisetum palustre	*Calthion*	12.5	25.0	12.5
Festuca ovina	*Nardion*	56.3	68.8	12.5
Parnassia palustris	*Caricion davallianae*	0.0	12.5	12.5
Pinus mugo* subsp. *uncinata	*Sphagnio-Piceion*	0.0	12.5	12.5
***Poa trivialis* s.str.**	*Arrhenatherion*	0.0	12.5	12.5
Swertia perennis	*Caricion davallianae*	0.0	12.5	12.5
Vaccinium myrtillus	*Sphagnion magellanici*	0.0	12.5	12.5
***Veratrum album* s.l.**	*Rumicion alpini*	6.3	18.8	12.5
Alchemilla glabra aggr.	*Cynosurion*	0.0	6.3	6.3
Atropa bella-donna	*Atropion*	0.0	6.3	6.3
Carex acutiformis	*Alnion glutinosae*	0.0	6.3	6.3
Carex diandra	*Caricion lasiocarpae*	6.3	12.5	6.3
Carex flacca	*Molinion*	6.3	12.5	6.3
Carex flava	*Caricion davallianae*	0.0	6.3	6.3
Carex hirta	*Agropyrion-Rumicion*	0.0	6.3	6.3
Carex pallescens	*Nardion*	0.0	6.3	6.3
Carex umbrosa	*Carpinion betuli*	0.0	6.3	6.3
***Leucanthemum vulgare* aggr.**		0.0	6.3	6.3
Chaerophyllum villarsii	*Polygono-Trisetion / Adenostylion*	0.0	6.3	6.3
Cirsium oleraceum	*Calthion / Filipendulion*	0.0	6.3	6.3
Deschampsia cespitosa	*Calthion*	37.5	43.8	6.3
***Festuca pratensis* s.str.**	*Arrhenatherion*	0.0	6.3	6.3
Festuca rubra	*Cynosurion*	50.0	56.3	6.3
Galium mollugo	*Trifolion medii*	0.0	6.3	6.3
Galium uliginosum	*Molinion*	50.0	56.3	6.3
Geum rivale	*Calthion*	31.3	37.5	6.3
Geranium sylvaticum	*Adenostylion / Polygono-Trisetion*	0.0	6.3	6.3
Geum urbanum	*Aegopodion / Alliarion*	0.0	6.3	6.3
Helictotrichon pratense	*Festucion variae*	0.0	6.3	6.3
Helictotrichon pubescens	*Arrhenatherion*	6.3	12.5	6.3
Hierochloe odorata	*Calthion*	0.0	6.3	6.3
***Hypericum maculatum* s.str.**	*Poion alpinae*	0.0	6.3	6.3
***Leontodon hispidus* s.str.**	*Poion alpinae*	0.0	6.3	6.3
Phleum pratense	*Arrhenatherion*	0.0	6.3	6.3
Picea abies	*Abieti-Piceion*	0.0	6.3	6.3
Plantago lanceolata	*Arrhenatherion*	0.0	6.3	6.3
Polygonum bistorta	*Calthion*	62.5	68.8	6.3
Potentilla erecta	*Nardion*	87.5	93.8	6.3
Poa palustris	*Glycerio-Sparganion*	0.0	6.3	6.3
***Primula elatior* s.str.**	*Polygono-Trisetion*	0.0	6.3	6.3

Salix caprea	*Salicion cinerea*	0.0	6.3	6.3
Salix cinerea	*Salicion cinerea*	0.0	6.3	6.3
Salix pentandra	*Salicion cinerea*	0.0	6.3	6.3
Scirpus sylvaticus	*Calthion*	0.0	6.3	6.3
Silene dioica	*Polygono-Trisetion*	0.0	6.3	6.3
***Trifolium pratense* s.str.**	*Arrhenatherion*	0.0	6.3	6.3
Vaccinium uliginosum	*Sphagnion magellanici*	25.0	31.3	6.3
Valeriana officinalis	*Filipendulion*	0.0	6.3	6.3
Veronica chamaedrys	*Arrhenatherion*	0.0	6.3	6.3
Veronica officinalis	*Filipendulion*	0.0	6.3	6.3

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/facies	forme à ...	FH final ZANELLA	FH JABIOL	OL_cm	OF_cm	OH_cm	Hf_cm	Hm_cm	Hs_cm	An_cm	Ag_cm	Ah_cm	A_cm	faune	evenement_pedol	eau_FH	pH_horizon_enracinement	carbonate_horizon_A	HCl_horizon_A_ou_H
1090_JDG	Chapelle-des Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*																		
1090_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	1	1	0	0	0	0	0	3	0	14	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul
1095_JDG	Chapelle-des Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*																		
1095_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	5	1	0	0	0	0	0	0	0	32	1	0	non	6	decarbonate	nul
1106_JDG	Chapelle-des Bois	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante typique																			
1106_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante typique		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Gleyic	0.5	1	0	0	0	0	36	0	0	0	1	0	peu	6	absence_CaCO3	nul
1109_JDG	Chapelle-des Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*																		
1109_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface	1	0	0	0	0	0	0	3	0	16	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul
1110_JDG	Chapelle-des Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*																		
1110_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	2	1	0	0	0	0	0	5	0	22	1	0	non	5	decarbonate	peu
1114_JDG	Chapelle-des Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*																			
1114_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	0.5	1	0	0	0	0	49	0	0	0	1	0	peu	6	absence_CaCO3	nul
1115_JDG	Chapelle-des Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*																		
1115_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	2	1	0	0	0	0	0	0	34	0	1	0	non	6	absence_CaCO3	nul
1117_JDG	Chapelle-des Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*																		
1117_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	2	1	0	0	0	0	29	0	0	0	1	0	non	5	decarbonate	peu
1118_JDG	Chapelle-des Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*																		
1118_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	1	1	0	0	0	0	0	0	0	22	1	0	non	6	decarbonate	nul
1224_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum equisetosum variegati*																				
1224_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum equisetosum variegati*			HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic Fluvic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	1	1	0	0	0	0	0	0	0	24	1	0	peu	6	carbonate	bcp

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciés	forme à ...	FH final ZANELLA	FH JABIOL	OL_cm	OF_cm	OH_cm	Hf_cm	Hm_cm	Hs_cm	An_cm	Ag_cm	Ah_cm	A_cm	faune	evenement_pedol	eau_FH	pH_horizon_enracinement	carbonate_horizon_A	HCl_horizon_A_ou_H
1296_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*																					
1296_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante à *Veratrum album*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	1	1	0	0	0	0	0	0	31	0	1	0	non	6	absence_CaCO3	nul
1297_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Carex davalliana*																			
1297_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante à *Veratrum album*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	0.5	1	0	0	0	0	0	0	19	0	1	0	non	7	carbonate	peu
1351_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*																			
1351_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	1	0	0	15	20	6	0	0	0	0	0	0	bcp	5	absence_CaCO3	nul
1352_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*																			
1352_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic Fluvic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	1	1	0	0	0	0	0	0	0	17	1	0	peu	7	carbonate	peu
1376_JDG	Chapelle-des Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*																		
1376_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface Calcaric	2	0	0	0	0	0	0	0	0	30	1	0	non	6	carbonate	peu
1377_JDG	Chapelle-des Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*																		
1377_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Cirsium acaule*	forme à *Hypochaeris maculata*	OLIGOTERROMULL	Haplic OLIGOMULL	2	1	0	0	0	0	0	0	20	1	0	non	6	decarbonate	nul
1392_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*																			
1392_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	4	2	0	0	0	0	0	0	24	0	1	0	peu	6	decarbonate	peu
1393_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*																			
1393_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic Fluvic OLIGOMULL Drying up at the surface Calcaric	2	1	0	0	0	0	0	0	47	0	1	0	non	6.5	carbonate	peu
1394_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*																			
1394_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	3	2	0	0	0	0	0	0	47	0	1	0	peu	6	decarbonate	peu
1395_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*																			
1395_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic Fluvic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	2	2	0	0	0	0	0	0	8	14	1	0	non	6	carbonate	bcp
1397_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante à *Veratrum album*																			
1397_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante à *Veratrum album*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic Fluvic OLIGOMULL Drying up at the surface	2	2	0	0	0	0	0	0	28	0	1	0	non	6	decarbonate	peu

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciés	forme à ...	FH final ZANELLA	FH JABIOL	OL_cm	OF_cm	OH_cm	Hf_cm	Hm_cm	Hs_cm	An_cm	Ag_cm	Ah_cm	A_cm	faune	evenement_pedol	eau_FH	pH_horizon_enracinement	carbonate_horizon_A	HCl_horizon_A_ou_H
1398_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*																			
1398_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface *Calcaric*	2	1	0	0	0	0	0	0	0	7	1	0	non	6	carbonate	bcp
1496_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*																		
1496_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	1	4	0	0	0	0	0	19	0	17	1	0	non	6	absence_CaCO3	nul
1497_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*																		
1497_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	0.5	1	0	0	0	0	0	4	15	0	1	0	peu	5.5	absence_CaCO3	nul
1498_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*																		
1498_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*				EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	1	0	0	36	0	0	50	0	0	0	1	1	bcp	5	absence_CaCO3	nul
1508_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*																			
1508_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme sèche	MESIHISTOMOR	MESIMOR Folic Ombric Garbic	2	0	0	72	22	0	0	0	0	0	0	0	bcp	4	absence_CaCO3	nul
1509_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*																			
1509_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	2	1	0	0	0	0	22	0	0	0	1	0	bcp	6	absence_CaCO3	nul
1510_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*		variante à *Cirsium oleraceum*																			
1510_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*		variante à *Cirsium oleraceum*		EUHISTOANMOOR superposé à DYSHUMIHISTOMODER	EUANMOOR Folic Gleyic, superposed to DYSHUMIMODER Folic	3	1	0	0	39	0	25	0	0	0	1	1	peu	5	absence_CaCO3	nul
1511_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*		variante à *Cirsium oleraceum*																			
1511_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*		variante à *Cirsium oleraceum*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface *Gleyic*	1	1	0	0	0	0	0	0	0	29	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul
1512_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*		variante typique																			
1512_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*		variante typique		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	1	1	0	0	0	0	0	0	29	0	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul
1513_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*		variante typique																			
1513_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Chaerophylletum*		variante typique		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	1	1	0	0	0	0	0	0	14	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul
1514_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante typique																			
1514_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	1	1	0	0	34	0	14	0	0	0	1	1	peu	5	absence_CaCO3	nul

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciés	forme à ...	FH final ZANELLA	FH JABIOL	OL_cm	OF_cm	OH_cm	Hf_cm	Hm_cm	Hs_cm	An_cm	Ag_cm	Ah_cm	A_cm	faune	evenement_pedol	eau_FH	pH_horizon_enracinement	carbonate_horizon_A	HCl_horizon_A_ou_H
1556_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccus*																		
1556_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccus*	DYSTERROMODER superposé à FIBRIHISTOMODER	DYSMODER Folic Ombric superposed to FIBRIMODER Folic Gleyic	2	1	7	11	40	10	0	0	0	0	1	1	peu	5	absence_CaCO3	nul
1559_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpino-articulatus*																					
1559_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		OLIGOTERROMULL	OLIGOMULL Calcaric	2	2	0	0	0	0	0	0	0	25	1	0	non	6	carbonate	bcp
1565_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Carex echinata*																			
1565_VR		*Phragmitetea*	*Phragmitetalia*	*Magnocaricion*	*Caricetum rostratae*				HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	2	1	0	0	0	0	0	6	17	0	1	0	non	6	absence_CaCO3	nul
1566_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante à *Trichophorum cespitosum*	forme à *Menyanthes trifoliata*																		
1566_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante à *Trichophorum cespitosum*	forme à *Menyanthes trifoliata*	SAPRIHISTOMODER	SAPRIMODER Folic Ombric Garbic	3	3	0	0	18	22	16	0	0	0	0	1	peu	6	absence_CaCO3	nul
1568_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Molinia caerulea*																			
1568_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum cavicetosum paniculatae*	variante à *Phragmites australis*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	1	2	0	0	0	0	30	0	0	0	1	0	peu	6	decarbonate	nul
1570_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*																			
1570_VR		*Phragmitetea*	*Phragmitetalia*	*Magnocaricion*	*Caricetum acutiformis*				HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface Calcaric	2	1	0	0	0	0	0	9	0	15	1	0	peu	6	carbonate	peu
1571_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Carex echinata*																			
1571_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*		EUHISTOANMOOR	Endostic EUANMOOR Folic Ombric Garbic	2	1	0	0	61	4	23	0	0	0	1	1	peu	5	absence_CaCO3	nul
1572_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*																			
1572_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		FIBRIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	FIBRIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	1	1	0	69	0	10	0	0	0	0	1	0	bcp	4.5	absence_CaCO3	nul
1573_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*																			
1573_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	0.5	1	0	0	0	22	29	0	0	0	1	1	peu	5	absence_CaCO3	nul
1574_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*																			
1574_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface Gleyic	0.5	1	0	0	0	0	0	11	22	0	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul
1601_JDG	Chapelle-des Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*																		
1601_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	OLIGOTERROMULL	OLIGOMULL Calcaric	1	1	0	0	0	0	0	0	0	28	1	0	non	6	carbonate	peu

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciès	forme à ...	FH final ZANELLA	FH JABIOL	OL_cm	OF_cm	OH_cm	Hf_cm	Hm_cm	Hs_cm	An_cm	Ag_cm	Ah_cm	A_cm	faune	evenement_pedol	eau_FH	pH_horizon_enracinement	carbonate_horizon_A	HCl_horizon_A_ou_H
1642_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*																			
1642_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum polemonietosum*	variante à *Carex elata*		EUHISTOANMOOR	Ephisatic EUANMOOR Folic Ombric Garbic	4	1	0	0	0	14	61	0	0	0	1	1	peu	6	decarbonate	peu
1644_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*																			
1644_VR		*Phragmiteta*	*Phragmitetalia*	*Magnocaricion*	*Caricetum rostratae*				EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	1	5	0	0	0	0	47	10	0	0	1	0	peu	6	decarbonate	peu
1645_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante à *Trichophorum cespitosum*	forme à *Eriophorum vaginatum*																		
1645_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*		EUHISTOANMOOR superposé à MESIHISTOMODER	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic, superposed to MESIMODER Folic Ombric	1	0	0	16	34	10	18	0	0	0	1	1	peu	5	absence_CaCO3	nul
1646_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*																					
1646_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	3	1	0	0	0	0	53	18	0	0	1	0	peu	6	decarbonate	peu
1647_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*																					
1647_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae caricetosum flaccae*	variante à *Swertia perennis*		HUMIHISTOMODER	HUMIMODER Folic Ombric Garbic	1	1	0	0	74	30	0	0	0	0	0	0	bcp	5	absence_CaCO3	nul
1659_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Molinia caerulea*																			
1659_VR		*Artemisietea*	*Aliarietalia*	*Aliarion*	Groupement à *Galeopsis tetrahit* et à graminées				HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic Fluvic DYSMULL Drying up at the surface	1	2	0	0	0	0	0	0	28	0	1	0	non	6	decarbonate	peu
1660_JDG	Le Sentier	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante à *Phragmites australis*																			
1660_VR		*Artemisietea*	*Aliarietalia*	*Aliarion*	Groupement à *Galeopsis tetrahit* et à graminées				HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic Fluvic OLIGOMULL Drying up at the surface	1	1	0	0	0	0	0	0	35	0	1	0	non	6	decarbonate	peu
1665_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*																			
1665_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic Fluvic MESOMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	1	0	0	0	0	0	0	0	0	20	1	0	non	6	carbonate	bcp
1668_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum equisetosum variegati*																				
1668_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum silaetosum*	variante à *Sesleria caerulea*		HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	1	2	0	0	0	0	0	0	8	15	1	0	peu	6	decarbonate	peu
1674_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*																					
1674_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*				MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	2	1	0	14	46	39	0	0	0	0	0	0	bcp	5	absence_CaCO3	nul
1677_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*																			
1677_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccus*	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	1	0	0	45	59	0	0	0	0	0	0	0	peu	4	absence_CaCO3	nul

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciés	forme à ...	FH final ZANELLA	FH JABIOL	OL_cm	OF_cm	OH_cm	Hf_cm	Hm_cm	Hs_cm	An_cm	Ag_cm	Ah_cm	A_cm	faune	evenement_pedol	eau_FH	pH_horizon_enracinement	carbonate_horizon_A	HCl_horizon_A_ou_H
1680_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme sèche																		
1680_VR	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme sèche	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	1	0	0	18	33	6	0	0	0	0	0	0	bcp	4	absence_CaCO3	nul
1715_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*																			
1715_VR	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	2	1	0	41	32	16	0	0	0	0	0	0	bcp	5	absence_CaCO3	nul
1716_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*																					
1716_VR	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*				EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	2	2	0	0	0	0	40	0	0	0	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul
1719_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*																			
1719_VR	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*		SAPRIHISTOMODER	SAPRIMODER Folic Garbic Gleyic	1	0	0	0	15	20	0	0	0	0	0	0	peu	5	absence_CaCO3	nul
1723_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum effusi caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*																			
1723_VR	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	1	1	0	0	0	0	54	0	0	0	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul
1724_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpino-articulatus*																					
1724_VR	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	Groupement à *Glyceria plicata* et *Juncus alpino-articulatus*				HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface Gleyic	1	2	0	0	0	0	0	0	42	0	1	0	peu	6	absence_CaCO3	nul
1727_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Carex davalliana*																			
1727_VR	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	0	1	0	0	0	0	37	11	0	0	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul
18_06_1988_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante à *Trichophorum cespitosum*	forme à *Eriophorum vaginatum*																		
18_06_1988_VR	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante à *Trichophorum cespitosum*	forme à *Eriophorum vaginatum*	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	3	5	0	28	30	22	0	0	0	0	0	0	peu	5	absence_CaCO3	nul
482_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*																			
482_VR	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*		MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	0.5	0	0	46	35	9	0	0	0	0	0	0	bcp	4.5	absence_CaCO3	nul
485_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum caricetosum paniculatae*	variante à *Carex acuti formis*																			
485_VR	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	Groupement à *Juncus inflexus*	*Trollio-Cirsietum caricetosum paniculatae*			MESOTERROMULL	Hapic MESOMULL	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	16	1	0	non	6	decarbonate	nul
487_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum caricetosum paniculatae*	variante typique																			
487_VR	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	2	0	0	0	0	27	22	28	0	0	1	1	peu	5.5	absence_CaCO3	nul
488_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum colchicetosum*	variante typique																			
488_VR	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	Groupement à *Juncus inflexus*				HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface Gleyic	0.5	0	0	0	0	0	0	0	46	0	1	0	peu	6	absence_CaCO3	nul

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/facies	forme à ...	FH final ZANELLA	FH JABIOL	OL_cm	OF_cm	OH_cm	Hf_cm	Hm_cm	Hs_cm	An_cm	Ag_cm	Ah_cm	A_cm	faune	evenement_pedol	eau_FH	pH_horizon_enracinement	carbonate_horizon_A	HCl_horizon_A_ou_H
489_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*																			
489_VR							variante à *Viola palustris*		MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	0.5	0	0	65	16	21	0	0	0	0	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul
492_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*																			
492_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Carex davalliana*		MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	2	0	0	25	53	32	0	0	0	0	0	0	peu	5.5	absence_CaCO3	nul
493_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*																			
493_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Viola palustris*		MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	2	3	0	72	10	10	0	0	0	0	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul
494_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*																			
494_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	1	5	0	64	4	13	0	0	0	0	1	0	peu	4	absence_CaCO3	nul
495_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*																			
495_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		HUMIHISTOAMPHI	HUMIAMPHI Folic Ombric Garbic	0.5	5	0	0	47	54	0	0	0	0	1	0	peu	4.5	absence_CaCO3	nul
497_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*																			
497_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Gleyic	2	2	0	0	2	15	20	0	0	0	1	1	non	5	absence_CaCO3	nul
498_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*																			
498_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	3	1	0	0	0	0	16	16	0	0	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul
501_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Caltuna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccus*																		
501_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		MESIHISTOMOR	MESIMOR Folic Ombric Garbic	1	4	0	64	18	0	0	0	0	0	0	0	peu	4	absence_CaCO3	nul
502_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*																			
502_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Festuca commutata (rubra)*		MESIHISTOMOR avec tendance à l'assèchement en surface	MESIMOR Drying up at the surface Folic Ombric Garbic	4	5	0	44	41	2	0	0	0	0	0	0	peu	4	absence_CaCO3	nul
506_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*																			
506_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		EPIHISTOMOR	Epihistic Fluvic HISTOMOR Folic Ombric Garbic	2	0	0	36	0	0	0	17	0	0	0	0	bcp	5	absence_CaCO3	nul

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciès	forme à ...	FH final ZANELLA	FH JABIOL	OL_cm	OF_cm	OH_cm	Hf_cm	Hm_cm	Hs_cm	An_cm	Ag_cm	Ah_cm	A_cm	faune	evenement_pedol	eau_FH	pH_horizon_enracinement	carbonate_horizon_A	HCl_horizon_A_ou_H
507_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante typique																			
507_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante typique		EUHISTOANMOOR	Fluvic EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	1	0	0	0	0	0	32	0	0	0	1	0	peu	6	decarbonate	peu
508_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*																			
508_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		EUHISTOANMOOR	Fluvic EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	2	0	0	0	0	0	13	0	0	0	0	0	bcp	6.5	decarbonate	peu
510_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccos*																		
510_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccos*	MESIHISTOMOR	MESIMOR Folic Ombric Garbic	2	0	0	57	23	2	0	0	0	0	0	peu	5	absence_CaCO3	nul
511_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccos*																		
511_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme humide à *Vaccinium oxycoccos*	FIBRIHISTOMODER	FIBRIMODER Folic Ombric Garbic	1	0	0	26	40	16	0	0	0	0	0	peu	5	absence_CaCO3	nul
512_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae comaretosum*	variante à *Carex diandra*																			
512_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae comaretosum*	variante à *Carex diandra*		FIBRIHISTOMOR	FIBRIMOR Folic Ombric Garbic	4	5	0	88	0	0	0	0	0	0	0	bcp	4	absence_CaCO3	nul
514_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae comaretosum*	variante à *Carex diandra*																			
514_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae comaretosum*	variante à *Carex diandra*		MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	2	0	0	21	45	40	0	0	0	0	0	bcp	4	absence_CaCO3	nul
520_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*																			
520_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	2	0	0	0	0	0	58	0	0	0	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul
525_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*																			
525_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	3	1	0	0	0	0	39	0	0	0	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul
526_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*																			
526_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Garbic	3	3	0	0	58	2	19	0	0	0	1	1	peu	5	absence_CaCO3	nul
529_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*																			
529_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		HYDROMODER à tendance HEMITERROMODER	Stagnic HEMIMODER Drying up at the surface Gleyic	2	1	2	0	0	0	0	0	39	0	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul
532_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*																			
532_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL, superposé à HUMIHISTOMODER	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface, superposed to HUMIMODER	2	1	0	0	23	4	0	14	34	0	1	1	non	6	absence_CaCO3	nul

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciés	forme à ...	FH final ZANELLA	FH JABIOL	OL_cm	OF_cm	OH_cm	Hf_cm	Hm_cm	Hs_cm	An_cm	Ag_cm	Ah_cm	A_cm	faune	evenement_pedol	eau_FH	pH_horizon_enracinement	carbonate_horizon_A	HCl_horizon_A_ou_H
534_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*																			
534_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	4	1	0	0	9	2	0	0	0	25	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul
562_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*																			
562_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface	2	1	0	0	0	0	0	30	15	0	1	0	non	6	absence_CaCO3	nul
563_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*																			
563_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*		HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface Calcaric	1	0	0	0	0	0	0	0	0	31	1	0	non	6.5	carbonate	peu
567_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Trollio-Cirsietum*	*Trollio-Cirsietum potentilletosum*	variante à *Carex davalliana*																			
567_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique		EUHISTOANMOOR de surface et enfoui	EUANMOOR at the top and on the middle of the solum Folic Ombric Garbic	2	1	0	4	30	0	17	0	0	0	1	1	peu	5.5	absence_CaCO3	nul
570_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*																			
570_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*		HYDROMULL à tendance DYSTERROMULL	Stagnic DYSMULL Drying up at the surface Gleyic	3	2	0	0	0	0	0	13	38	0	1	0	peu	5	decarbonate	peu
571_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*																			
571_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	2	2	0	0	0	2	38	0	0	0	1	0	bcp	5	absence_CaCO3	nul
572_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*																			
572_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique		MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	4	1	0	12	36	16	0	0	0	0	0	0	bcp	5	absence_CaCO3	nul
576_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*																			
576_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	3	1	0	0	0	0	0	20	22	0	1	0	peu	5	absence_CaCO3	nul
577_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*																			
577_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique		EUHISTOANMOOR	Fluvic EUANMOOR Folic Ombric	4	1	0	0	18	0	30	0	0	0	1	1	peu	5	absence_CaCO3	nul
578_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion fuscae*	*Caricetum fuscae*	*Caricetum fuscae trichophoretosum*	variante à *Calluna vulgaris*	forme sèche																		
578_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	2	1	0	0	0	0	29	20	0	0	1	0	non	6	decarbonate	peu
5789_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*																		
5789_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	HYDROMULL à tendance MESOTERROMULL	Stagnic MESOMULL Drying up at the surface	1	0	0	0	0	0	0	10	20	0	0	0	peu	6	absence_CaCO3	nul

Releves	Lieu	Classe	Ordre	Alliance	Association	Sous-association	variante/faciès	forme à ...	FH final ZANELLA	FH JABIOL	OL_cm	OF_cm	OH_cm	Hf_cm	Hm_cm	Hs_cm	An_cm	Ag_cm	Ah_cm	A_cm	faune	evenement_pedol	eau_FH	pH_horizon_enracinement	carbonate_horizon_A	HCl_horizon_A_ou_H
58/89b_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*																		
58/89b_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Cynosurus cristatus*	DYSTERROMULL	Haplic DYSMULL	2	1	0	0	0	0	0	0	0	19	1	0	non	5.5	decarbonate	nul
582_JDG	Burtignière	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	variante typique																			
582_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Swertia perennis*		SAPRIHISTOMODER	SAPRIMODER Folic Ombric Garbic Gleyic	4	2	0	8	22	42	0	0	0	0	0	0	peu	5.5	absence_CaCO3	nul
587_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Trollius europaeus*																			
587_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante typique		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	1	1	0	0	0	0	0	17	12	0	1	0	non	6	decarbonate	nul
589_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*																			
589_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	1	1	0	0	0	0	25	0	0	0	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul
593_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*																			
593_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum typicum*	variante à *Calamagrostis canescens*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	0.5	1	0	0	0	5	0	0	24	0	1	1	non	6	absence_CaCO3	nul
597_JDG	Burtignière	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Calthion*	*Cirsio-Juncetum effusi*	*Cirsio-Juncetum caricetosum leporinae*	variante à *Blysmus compressus*																			
597_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum succisetosum*	variante à *Juncus inflexus*		DYSTERROMULL	Haplic DYSMULL	2	1	0	0	0	0	0	0	0	29	1	0	non	6	decarbonate	nul
698_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*																			
698_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		EUHISTOANMOOR	Fluvic EUANMOOR Folic Ombric Gleyic	1	1	0	0	0	0	39	0	0	0	1	0	peu	6	decarbonate	peu
699_JDG	Le Sentier	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*																			
699_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Primulo-Schoenetum*	*Primulo-Schoenetum typicum*	variante à *Carex flacca*		HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic Fluvic OLIGOMULL Drying up at the surface Calcaric Gleyic	0	1	0	0	0	0	0	0	0	35	1	0	peu	7	carbonate	bcp
804_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante à *Phragmites australis*																			
804_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Filipendulion*	*Aconito-Filipenduletum*	*Aconito-Filipenduletum caricetosum paniculatae*	variante à *Phragmites australis*		EUHISTOANMOOR	EUANMOOR Folic Ombric	2	3	0	0	0	0	24	0	0	0	1	0	non	6	absence_CaCO3	nul
807_JDG	Chapelle-des-Bois	*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	*Caricetum davallianae typicum*	*Caricetum davallianae typicum*	variante typique																			
807_VR		*Scheuchzerio-Caricetea fuscae*	*Tofieldietalia*	*Caricion davallianae*	Groupement à *Molinia caerulea* et *Trichophorum cespitosum*				MESIHISTOMODER	MESIMODER Folic Ombric Garbic	1	1	0	2	47	32	0	0	0	0	0	0	peu	5.5	absence_CaCO3	nul
809_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*																		
809_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	HYDROMULL à tendance OLIGOTERROMULL	Stagnic OLIGOMULL Drying up at the surface	1	1	0	0	0	0	0	5	15	0	1	0	peu	6	absence_CaCO3	nul
810_JDG	Chapelle-des-Bois	*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*																		
810_VR		*Molinio-Arrhenatheretea*	*Molinietalia*	*Molinion*	*Trollio-Molinietum*	*Trollio-Molinietum caricetosum sempervirentis*	variante à *Carex hostiana*	forme à *Bartsia alpina*	HYDROMULL	Stagnic DYSMULL	5	1	0	0	0	0	0	17	0	0	1	0	non	5	absence_CaCO3	nul