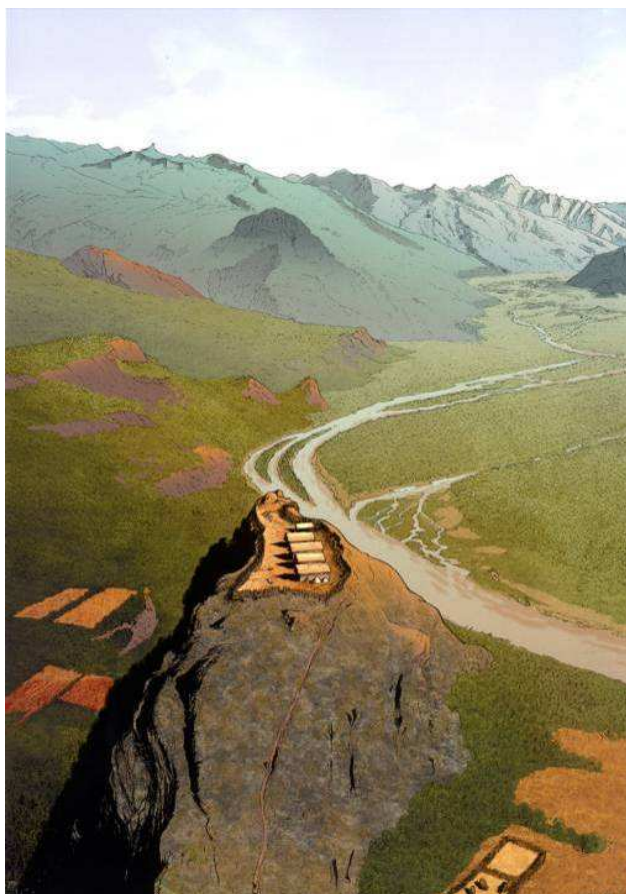


DYNAMIQUE DE MISE EN PLACE DES SOLS EN PLAINE ALLUVIALE DU RHONE SUPERIEUR

TRAVAIL DE MASTER EN BIOGEOSCIENCES

JOËLLE FARINE

ALINE GERBER



UNIVERSITE DE NEUCHÂTEL

LABORATOIRE SOL & VEGETATION

LABORATOIRE DE GEODYNAMIQUE DE LA BIOSPHERE

2008

Avant-propos

Ce travail a été effectué sous la direction de :

- o Prof. Jean-Michel Gobat, Laboratoire Sol & Végétation (LSV), Institut de Biologie, Université de Neuchâtel
- o Prof. Eric Verrecchia, Laboratoire de Géodynamique de la Biosphère (LGB), Institut de Géologie, Université de Neuchâtel

Et avec la collaboration de :

- o Claire Arnold, collaboratrice scientifique au Laboratoire Sol & Végétation, Université de Neuchâtel
- o Alexandre Vogel, hydrogéologue, Projet Rhône, Canton du Valais
- o Nicolas Luisier, agronome, Projet Rhône, Canton du Valais

TABLE DES MATIERES

0.	Résumé.....	1
1.	Introduction générale.....	5
2.	Hypothèses et objectifs.....	13
3.	Présentation de la zone d'étude.....	17
3.1.	Localisation géographique.....	19
3.2.	Conditions hydrologiques et climatiques.....	19
3.3.	Géologie.....	20
3.4.	Aménagement du territoire.....	21
4.	Sondages à la tarière.....	23
4.1.	Introduction.....	25
4.2.	Matériel et méthodes.....	28
4.3.	Résultats.....	30
4.3.1.	Classification des horizons et des couches sédimentaires.....	30
4.3.2.	Classification des sondages.....	31
4.4.	Discussion.....	32
5.	Profils de sol.....	37
5.1.	Introduction.....	39
5.2.	Matériel et méthodes.....	40
5.3.	Résultats.....	40
5.3.1.	P1 - Les Epeney, Saillon.....	41
5.3.2.	P3 - Rarogne.....	42
5.3.3.	P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne.....	42
5.3.4.	P5 - La Brèche.....	43
5.3.5.	P6 - Ferme des Îles, Martigny.....	43
5.4.	Discussion.....	44
6.	Analyse granulométrique.....	47
6.1.	Introduction.....	49
6.2.	Matériel et méthodes.....	50
6.2.1.	Echantillonnage.....	51
6.2.2.	Préparation des échantillons.....	52
6.2.3.	Analyse des fractions grossières.....	52

6.2.4.	Analyse des fractions fines	52
6.2.5.	Traitement des résultats.....	53
6.2.6.	Indices granulométriques	54
6.2.7.	Représentations graphiques simples	54
6.2.8.	Représentations graphiques complexes	55
6.3.	Résultats	55
6.3.1.	Profil P1	55
6.3.2.	Profil P3	56
6.3.3.	Profil P4	57
6.3.4.	Profil P5	58
6.3.5.	Profil P6	58
6.3.6.	Comparaison entre profils.....	59
6.4.	Discussion	59
7.	Analyses de la matière organique	63
7.1.	Introduction	65
7.2.	Matériel et méthodes	65
7.2.1.	Préparation des échantillons	65
7.2.2.	Humidité résiduelle.....	65
7.2.3.	Perte au feu	66
7.2.4.	Granulométrie organo-minérale et taux de Corg.....	66
7.2.5.	Dosage du Corg et déconvolution du pic S2	67
7.3.	Résultats	67
7.3.1.	Perte au feu	67
7.3.2.	Granulométrie organo-minérale et taux de Corg.....	68
7.3.3.	Déconvolution du pic S2.....	69
7.4.	Discussion	71
7.4.1.	Maturation de la matière organique	71
7.4.2.	Fractionnement de la MO	73
8.	Micromorphologie.....	75
8.1.	Introduction	77
8.2.	Matériel et méthodes	78
8.3.	Résultats	79
8.3.1.	M/P1-21	79
8.3.2.	M/P4-54	80
8.3.3.	M/P5-10	80

8.3.4.	M/P6-1	81
8.3.5.	M/P6-2	81
8.3.6.	M/P6-3	82
8.3.7.	M/P6-7	82
8.3.8.	M/P6-4	83
8.3.9.	M/P6-6	84
8.4.	Discussion	84
8.4.1.	Microstructure et porosité : couches sédimentaires à l'échelle micrométrique ...	84
8.4.2.	Dynamique de l'eau dans les sols	85
8.4.3.	Agrégats et matériel organique grossier : fonctionnement biologique des horizons	85
8.4.4.	Boulettes fécales : interprétation de la faune active	86
8.4.5.	Coupes de radicelles : indices de la végétation	88
8.4.6.	Interprétation des horizons organiques enfouis : écologie de leur formation	88
9.	Cartographie.....	91
9.1.	Introduction	93
9.2.	Matériel et méthodes	93
9.3.	Résultats	94
9.3.1.	Station 1. Martigny (annexes 7.2 et 7.3)	94
9.3.2.	Station 2. Saillon (annexes 7.4 et 7.5).....	94
9.3.3.	Station 3. Aproz (annexes 7.6 et 7.7).....	94
9.3.4.	Station 4. La Brèche, Sierre (annexes 7.8 et 7.9)	94
9.3.5.	Station 5. Finges (annexes 7.10 et 7.11)	95
9.3.6.	Station 6. Tourtemagne (annexes 7.12 et 7.13)	95
9.3.7.	Station 7. Rarogne (annexes 7.14 et 7.15).....	95
9.3.8.	Station 8. Selkingen (annexe 7.16)	95
9.4.	Discussion	96
9.4.1.	Station 1. Martigny (annexes 7.2 et 7.3)	96
9.4.2.	Station 2. Saillon (annexes 7.4 et 7.5).....	96
9.4.3.	Station 3. Aproz (annexes 7.6 et 7.7).....	96
9.4.4.	Station 4. La Brèche, Sierre (annexes 7.8 et 7.9)	97
9.4.5.	Station 5. Finges (annexes 7.10 et 7.11)	97
9.4.6.	Station 6. Tourtemagne (annexes 7.12 et 7.13)	97
9.4.7.	Station 7. Rarogne (annexes 7.14 et 7.15).....	98

9.4.8. Station 8. Selkingen (annexe 7.16)	98
10. Discussion générale.....	99
10.1. Station 1. Martigny.....	101
10.2. Station 2. Saillon	102
10.3. Station 4. La Brèche, Sierre.....	102
10.4. Station 6. Tourtemagne	103
10.5. Station 7. Rarogne	104
10.6. Plaine du Rhône supérieur	105
11. Conclusion	107
12. Bibliographie	111
13. Remerciements.....	119
14. Annexes.....	123

LISTE DES FIGURES

Fig. 1. Rhône actuel et principe d'aménagement : gestion de la crue centennale par élargissement du chenal et gestion des crues extrêmes par des arrière-digues (Projet_Rhône, 2005).....	8
Fig. 2. Les trois milieux naturels principaux d'une zone alluviale, ainsi que la limite supérieure du cours d'eau lors des périodes de hautes eaux (OFEFP, 2005).....	9
Fig. 3. Principaux affluents du Rhône, depuis sa source jusqu'au lac Léman (OFEG, 2003). Les flèches indiquent le sens du courant.	19
Fig. 4. Carte schématique des limites entre les différentes unités alpines : zone helvétique, pennique et austroalpine (modifiée d'après Paulmier, 2004).....	20
Fig. 5. Tarière à rallonge (gauche) et exemple de sondage (droite).....	25
Fig. 6. « Facies models ». 1 : Superposition régulière d'horizons ou de couches sédimentaires. 2 : Couche épaisse recouverte par une séquence de couches fines. 3 : Séquence de couches fines recouverte d'une couche épaisse. 4 : Alternance de séquences de couches fines et de couches épaisses (Bullinger-Weber et Gobat, 2006).....	26
Fig. 7. Modèles de sédimentation et d'interférence de phases successives de pédogenèse. A : formation d'un sol sur un dépôt sédimentaire I. B : le sol est recouvert d'un dépôt sédimentaire II peu épais, puis formation d'un nouveau sol ; il y a interférence des deux phases de pédogenèse. C : le dépôt II est plus épais ; il n'y a pas d'interférence entre les deux phases de pédogenèse. D : dépôts réguliers de faible épaisseur (2-10) avec interférence de toutes les phases de pédogenèse. E : dépôts d'épaisseur irrégulière (2-14) ; plusieurs phases de pédogenèses sont distinctes et n'interfèrent pas entre elles (Freytet et Plaziat, 1982).	27
Fig. 8. Canton du Valais (pointillé) et plaine du Rhône (rose). Les sondages ont été effectués dans huit stations (1 à 8), dont sept se trouvent dans la plaine du Rhône et la huitième en amont de Brigue. Carte modifiée d'après Paulmier (2004).	28
Fig. 9. Projection des horizons sur les facteurs 1 et 2 (figure de gauche), ainsi que sur les facteurs 1 et 3 (figure de droite), de leur classification ascendante hiérarchique sur facteurs (CAH). Les couleurs correspondent aux 8 groupes d'horizons (bleu foncé : groupe I ; rouge : groupe II ; gris : groupe III ; jaune : groupe IV ; turquoise : groupe V ; noir : groupe VI ; rose : groupe VII ; brun : groupe VIII).	31
Fig. 10. (gauche) Projection des variables sur les facteurs 1 et 2 de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) ; on constate que les variables 7 (groupe d'horizons VII) et 5 (groupe d'horizons V) sont les plus fortement significatives. (droite) Projection des sondages sur les facteurs 1 et 2 de leur classification ascendante hiérarchique sur facteurs (CAH) ; les couleurs correspondent aux 5 groupes de sondages (rouge : groupe 1 ; noir : groupe 2 ; jaune : groupe 3 ; turquoise : groupe 4 ; bleu foncé : groupe 5).	32
Fig. 11. Schéma de cinq sondages à la tarière décrits sur le terrain, illustrant les groupes de sols 1 à 5. Les groupes de sols sont obtenus par classification des horizons et des couches sédimentaires, puis par classification des sondages.....	33

Fig. 12. Le diagramme de Hjulström (1939) délimite les domaines d'érosion, de transport et de sédimentation par l'eau en fonction du diamètre des grains et de la vitesse du courant...	49
Fig. 13. Graphique de la masse à tamiser en fonction du diamètre maximal des grains (Chalumeau, 2003).....	51
Fig. 14. De gauche à droite : Tamis, tamis et vibreuse (2 photographies), bac de récupération.	53
Fig. 15. Schéma de l'influence d'un cours d'eau sur la dynamique des particules, en fonction de la pente (Heim, 2000).....	60
Fig. 16. Analyse de la perte au feu. Taux de matière organique (MO %) contenue dans les échantillons provenant des profils de sols, ainsi que de quelques sondages à la tarière.....	67
Fig. 17. Taux de carbone organique (Corg (mg/g de sol)) contenu dans les échantillons, ainsi que dans les fractions granulométriques obtenues par tamisage humide.....	68
Fig. 18. Distribution relative du carbone organique (Corg %) dans les fractions granulométriques obtenues par tamisage humide des échantillons.....	69
Fig. 19. Température atteinte lorsque l'émission d'hydrocarbure est à son maximum (Tmax °C), lors de l'analyse des échantillons au Rock Eval.	69
Fig. 20. Courbes d'émissions d'hydrocarbures (pic S2) obtenues par l'analyse du Rock Eval, et déconvolution de ces courbes par quatre composantes élémentaires (F1 à F4). Haut : échantillon provenant de l'horizon A du profil P5 ; bas : échantillon provenant de l'horizon S du profil P4. La courbe d'émissions d'hydrocarbures se trouve sur le haut de chaque image, en pointillé. Le résultat de la déconvolution s'y superpose en trait continu. Les composantes élémentaires se trouvent sur le bas de chaque image, notées F1 à F4 toujours de gauche à droite puisque les intervalles sont fixés par Sebag et al. (2006). L'aire des différentes composantes élémentaire est très différente entre l'horizon A du profil P5 et l'horizon S du profil P4, le premier horizon étant porté par F1 et le deuxième par F4.....	70
Fig. 21. Irrigation des prés à Rarogne (station 7), à l'aide de meunières.	103
Fig. 22. Station 7, Rarogne. La végétation souffre de la sécheresse à l'endroit des anciennes barres de galets et de graviers. Les prés sont quadrillés par les meunières, technique qui permet d'irriguer les champs.....	104

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1. Transformation des classes texturales, relevées sous forme d'abréviation sur le terrain, en données quantitatives et binaires.....	30
Tableau 2. Tableau de comparaison des classifications granulométriques, modifié d'après Chalumeau (2003).....	50
Tableau 3. Résultats de la déconvolution des pics S2 obtenus par analyse Rock Eval.....	71

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1.	Schéma de la répartition des tâches	125
Annexe 2.	Sondages à la tarière	129
Annexe 2.1.	Données relevées sur le terrain pour les sondages à la tarière.....	131
Annexe 2.2.	Groupes d’horizons et leurs caractéristiques.....	133
Annexe 2.3.	Groupes de sols et leurs caractéristiques.....	133
Annexe 2.4.	Schéma de l’enchaînement des analyses statistiques. Groupement des horizons puis groupement des sondages	134
Annexe 3.	Profils de sol.....	135
Annexe 3.1.	Profil P1 , schéma et photo.....	137
Annexe 3.2.	Profil P1 , données stationnelles et description des horizons	138
Annexe 3.3.	Profil P3 , schéma et photo.....	139
Annexe 3.4.	Profil P3 , données stationnelles et description des horizons	140
Annexe 3.5.	Profil P4 , schéma et photo.....	141
Annexe 3.6.	Profil P4 , Données stationnelles et description des horizons.....	142
Annexe 3.7.	Profil P5 , schéma et photo.....	144
Annexe 3.8.	Profil P5 , données stationnelles et description des horizons	145
Annexe 3.9.	Profil P6 , schéma et photo.....	146
Annexe 3.10.	Profil P6 , données stationnelles et description des horizons	147
Annexe 4.	Analyse granulométrique	149
Annexe 4.1.	Protocole de laboratoire, analyse granulométrique	151
Annexe 4.2.	Résultats de l’analyse granulométrique.....	159
Annexe 4.3.	Protocole de traitement des résultats granulométriques.....	163
Annexe 4.4.	Courbes granulométriques des fréquences cumulées et non cumulées (relatives) pour le profil P1	172

Annexe 4.5.	Courbes granulométriques des fréquences cumulées et non cumulées (relatives) pour le profil P3.....	174
Annexe 4.6.	Courbes granulométriques des fréquences cumulées et non cumulées (relatives) pour le profil P4.....	176
Annexe 4.7.	Courbes granulométriques des fréquences cumulées et non cumulées (relatives) pour le profil P5.....	183
Annexe 4.8.	Courbes granulométriques des fréquences cumulées et non cumulées (relatives) pour le profil P6.....	185
Annexe 4.9.	Calcul et signification des indices granulométriques	189
Annexe 4.10.	Indices granulométriques	190
Annexe 4.11.	Textures minérales.....	192
Annexe 4.12.	Diagramme ternaire des textures minérales (modifié d'après USDA, 1975)	194
Annexe 4.13.	Représentations graphiques de l'évolution granulométrique en fonction de la profondeur du profil P1 – Les Epeney, Saillon.....	195
Annexe 4.14.	Représentations graphiques de l'évolution granulométrique en fonction de la profondeur du profil P3 – Rarogne.....	196
Annexe 4.15.	Représentations graphiques de l'évolution granulométrique en fonction de la profondeur du profil P4 – Jaggaseiu, Tourtemagne	197
Annexe 4.16.	Représentations graphiques de l'évolution granulométrique en fonction de la profondeur du profil P5 – La Brèche, Sierre	198
Annexe 4.17.	Représentations graphiques de l'évolution granulométrique en fonction de la profondeur du profil P6 – Ferme des Iles, Martigny.....	199
Annexe 5.	Analyses de la matière organique.....	201
Annexe 5.1.	Résultats de la granulométrie organo-minérale par tamisage humide. Au bas de la page se trouvent les résultats de la déconvolution du pic S2 ainsi que les résultats de la perte au feu pour les mêmes échantillons	203
Annexe 5.2.	Graphiques des émissions d'hydrocarbures ainsi que de la déconvolution des pics S2	204
Annexe 5.3.	Projections des composantes élémentaires F1 à F4, obtenues par déconvolution du pic S2. Visualisation des échantillons (horizons et couches sédimentaires) selon leur Référence et selon le profil auquel ils appartiennent.....	208
Annexe 6.	Micromorphologie	209

Annexe 6.1.	Protocole pour la préparation de lames minces de sols sablo-limoneux	211
Annexe 6.2.	Planche de photos. Microstructure et porosité	214
Annexe 6.3.	Planche de photos. Dynamique de l'eau	216
Annexe 6.4.	Planche de photos. Agrégats et matériel organique grossier	220
Annexe 6.5.	Planche de photos. Boulettes fécales	224
Annexe 6.6.	Planche de photos. Coupes de radicelles.....	228
Annexe 6.7.	Tableau de comparaison des lames minces provenant du profil P6 (la Ferme des Îles, Martigny)	232
Annexe 6.8.	Tableau de comparaison des lames minces provenant de l'horizon de surface du Profil P5 et d'un horizon de profondeur du profil P6.....	233
Annexe 6.9.	Description complète des lames minces. M/P1-21	234
Annexe 6.10.	Description complète des lames minces. M/P4-54	235
Annexe 6.11.	Description complète des lames minces. M/P5-10	236
Annexe 6.12.	Description complète des lames minces. M/P6-1	237
Annexe 6.13.	Description complète des lames minces. M/P6-2	239
Annexe 6.14.	Description complète des lames minces. M/P6-3	241
Annexe 6.15.	Description complète des lames minces. M/P6-7	242
Annexe 6.16.	Description complète des lames minces. M/P6-4	244
Annexe 7.	Cartographie.....	247
Annexe 7.1.	Carte du Valais	249
Annexe 7.2.	Station 1 – Martigny. Plan Napoléon	250
Annexe 7.3.	Station 1 – Martigny. Bilan de l'utilisation des sols	251
Annexe 7.4.	Station 2 – Saillon. Plan Napoléon.....	252
Annexe 7.5.	Station 2 – Saillon. Bilan de l'utilisation des sols.....	253
Annexe 7.6.	Station 3 – Aproz. Plan Napoléon.....	254
Annexe 7.7.	Station 3 – Aproz. Bilan de l'utilisation des sols.....	255
Annexe 7.8.	Station 4 – La Brèche, Sierre. Plan Napoléon	256

Annexe 7.9.	Station 4 – La Brèche, Sierre. Bilan de l'utilisation des sols	257
Annexe 7.10.	Station 5 – Finges. Plan Napoléon	258
Annexe 7.11.	Station 5 – Finges. Bilan de l'utilisation des sols	259
Annexe 7.12.	Station 6 – Tourtemagne. Plan Napoléon.....	260
Annexe 7.13.	Station 6 – Tourtemagne. Bilan de l'utilisation des sols	261
Annexe 7.14.	Station 7 – Rarogne. Plan Napoléon.....	262
Annexe 7.15.	Station 7 – Rarogne. Bilan de l'utilisation des sols.....	263
Annexe 7.16.	Station 8 – Selkingen.....	264

0. RESUME

Les zones alluviales sont composées de milieux naturels divers, d'une grande richesse et d'une grande diversité, tant floristique que faunistique. Ces milieux dépendent de l'activité de sédimentation des cours d'eau, qui a pour effet de rajeunir les sols et la végétation. Cette diversité est malheureusement en voie de disparition en Suisse, car 90% des zones alluviales ont déjà disparu, et la dynamique alluviale naturelle a cessé dans 80% des zones restantes. En effet, ces deux cents dernières années ont vu la majorité des rivières être endiguées, et la construction de nombreux ouvrages, comme les barrages hydroélectriques, se faire le long des cours d'eau. Le cours du Rhône supérieur ne fait pas exception. Deux corrections de son cours ont été effectuées depuis 1860. Elles ont eu pour conséquences principales de limiter fortement les crues, et de permettre l'extension des zones agricoles à toute la plaine. Les zones alluviales et les zones de marais ont depuis lors fortement régressé, voire disparu dans la plaine du Rhône. Suite à une rupture des digues en 2000, il a été décidé, au vu de l'état de ces dernières, d'effectuer une troisième correction du fleuve. Elle a pour but, entre autres, de renforcer la sécurité tout en redonnant plus de place au cours d'eau.

Cette étude a pour but la description de la mise en place des sols dans la plaine alluviale du Rhône supérieur. Pour ce faire, des sondages à la tarière ont été effectués le long de la plaine sur huit stations, entre Dorénaz (Bas Valais, près de Martigny) et Selkingen (Haut Valais). Leur classification a été effectuée d'après la méthode développée par Bullinger-Weber et Gobat (2006), qui permet de décrire la dynamique de mise en place des sols au niveau d'une station ainsi que la plaine dans son ensemble. Des fosses pédologiques ont ensuite été creusées, afin d'illustrer chaque groupe de sol qui découle de la classification. Des analyses de la matière organique, des analyses granulométriques, ainsi que l'analyse de lames minces ont été effectuées sur les échantillons prélevés dans chaque couche sédimentaire et horizon pédologique des profils. Pour finir, des cartes de la plaine ont été créées à partir d'études cartographiques précédentes (Paulmier, 2004 ; Zanini et al., 2007) ainsi que du plan Napoléon, dessiné en 1802. Les groupes de sols obtenus par classification des sondages y sont représentés. Ces cartes, ainsi que les groupes de sols, permettent de comprendre et de décrire la dynamique de mise en place des sols au niveau des stations, et dans la plaine du Rhône en général.

Les résultats des analyses de la matière organique, tout d'abord, ont révélé une grande différence entre les sols des zones où le fleuve est endigué, et les sols des zones alluviales actives encore actuellement ou actives par le passé. Là où le fleuve est endigué, l'activité de la faune du sol est élevée, ce qui se traduit par la maturation, la fragmentation et l'agrégation importante de la matière organique. Elle est clairement encore renforcée lorsque le sol est exploité à des fins agricoles. Ensuite, les résultats de l'analyse granulométrique nous ont permis de décrire la mise en place des sédiments qui forment les sols, et de reconstituer la dynamique alluviale qui est à l'origine de leur dépôt. Il en ressort que la succession des couches sédimentaires, pour certains sols, est le résultat de crues d'intensité moyenne, régulières dans le temps et dans l'espace, et qu'elle est le résultat, pour d'autres sols de la sédimentation forcée effectuée par l'Homme, ou le résultat d'une crue unique de forte intensité. Finalement, l'analyse cartographique ainsi

que l'analyse des groupes de sols nous ont permis de proposer une hypothèse de mise en place des sols pour chaque station, ainsi que de vérifier son exactitude. Les zones où le fleuve est endigué, mais dans lesquelles on observe une grande diversité de groupes de sol, s'avèrent être d'anciennes zones alluviales très actives.

Il ressort de cette étude que les sols actuels de la plaine du Rhône supérieur sont marqués par les effets de l'endiguement du fleuve et de l'activité agricole encore prépondérante de nos jours. Néanmoins, les sols de la plaine gardent, pour la plupart, la trace de la dynamique alluviale antérieure aux corrections du Rhône.

1.INTRODUCTION GENERALE

Ces deux dernières centaines d'années, les zones alluviales encore dynamiques et intactes, refuges pour de nombreuses espèces végétales et animales, mais aussi zones d'interactions sociales et économiques importantes pour l'Homme, sont devenues de plus en plus rares en Suisse. Les zones alluviales ont subi de nombreuses et profondes modifications au cours de ces 150 dernières années, telles que : endiguement des cours d'eau, construction de barrages et d'infrastructures, drainage, déboisement, transformation en zones agricoles, industrielles ou d'habitation. Ces interventions humaines sont souvent irréversibles : 90% des zones alluviales de Suisse ont disparu, et toute dynamique naturelle a cessé dans 80% des zones alluviales restantes (OFEFP, 2005 ; OFS, 2004). Souvent effectuées au départ pour la sécurité et le bien-être de la population, ces modifications ne répondent plus exactement aux attentes de notre société ; il importe alors d'en corriger les points faibles : sécurité insuffisante des populations et des biens, atteintes au paysage, pollutions diverses, perte de lieux d'échange social, perte de biodiversité, modification des régimes hydrologiques, etc. La prise de conscience du lien indissociable à notre environnement, des dangers divers encourus et de l'importance de la qualité des eaux à long terme ont, entre autres, conduit à des changements de mentalité et donc d'attitude vis-à-vis de notre milieu. Ces facteurs ont amené la Confédération Suisse à édicter une loi, la LEaux (Confédération, 1991) et une ordonnance, la OEaux (Confédération, 1998) pour la protection de ces zones. Depuis, chaque cours d'eau qui subit de nouvelles transformations doit être en partie revitalisé (Projet_Rhône, 2001 à 2006).

La vallée du Rhône supérieur, habitée depuis 5000 à 5500 ans (Bullinger et al., 2006), ne fait pas exception. La population locale utilise depuis toujours les ressources du fleuve. Cependant, avant la révolution industrielle, les modifications effectuées sont minimales et proportionnelles aux moyens à disposition. Ce sont des particuliers ou des communes qui effectuent des travaux de défense contre les crues, mais sans grande coordination, donc sans grande efficacité (OFEG, 2003). Avec le développement industriel et les nouveaux moyens d'action à disposition, une correction du cours du Rhône est entreprise sur la presque totalité de son cours, de Brigue au lac Léman. Celle-ci débute en 1863 et se termine en 1893. D'importants travaux sont entrepris afin de sécuriser et d'assainir la plaine, qui est régulièrement et presque entièrement inondée à cette période (Posse, 1997). Des digues latérales, des épis perpendiculaires s'enfonçant dans l'eau, un changement radical de lit à certains endroits, et le drainage des terres modifient considérablement la plaine du Rhône (OFEG, 2003 ; Posse, 1997 ; Projet_Rhône, 2001 à 2006), et permettent notamment la construction de la première ligne ferroviaire reliant Brigue au lac Léman (OFEG, 2003). La première correction est ensuite complétée par des travaux supplémentaires dès 1930, qui ont comme but principal d'abaisser le lit du fleuve et de réduire sa largeur car le débit n'est pas assez important pour charrier tout le matériel amené par les affluents du fleuve (OFEG, 2003 ; Posse, 1997). Cette deuxième correction s'achève en 1960, et a pour conséquence, avec les importants travaux entrepris lors de la première correction, de baisser considérablement la fréquence et l'importance des crues (Posse, 1997). Mais en 2000 déjà, une forte crue perce les digues à plusieurs endroits et provoque d'importantes inondations. L'analyse de l'état des digues révèle la fragilité générale des

ouvrages de protection contre les crues, et une troisième correction est décidée. Elle débute en 2000 et devrait se terminer en 2030 (Projet_Rhône, 2001 à 2006). En plus de la solidification des digues à certains endroits sensibles, le cours du Rhône devrait être élargi à d'autres, permettant au fleuve de retrouver une certaine dynamique alluviale, ce qui améliorerait ses fonctions biologiques et socioéconomiques (Projet_Rhône, 2001 à 2006). Une deuxième digue est également prévue aux endroits stratégiques afin de permettre au cours d'eau de déborder de façon contrôlée lors de crues dites centennales, sans endommager les agglomérations (Fig. 1) (Projet_Rhône, 2005). Cette troisième correction devrait améliorer, selon les aspirations de ses concepteurs, la protection contre les crues, la sécurité de la population et des infrastructures, la biodiversité de la plaine, ainsi que l'attrait touristique de la plaine du Rhône supérieur, et ceci à long terme (Projet_Rhône, 2001 à 2006).

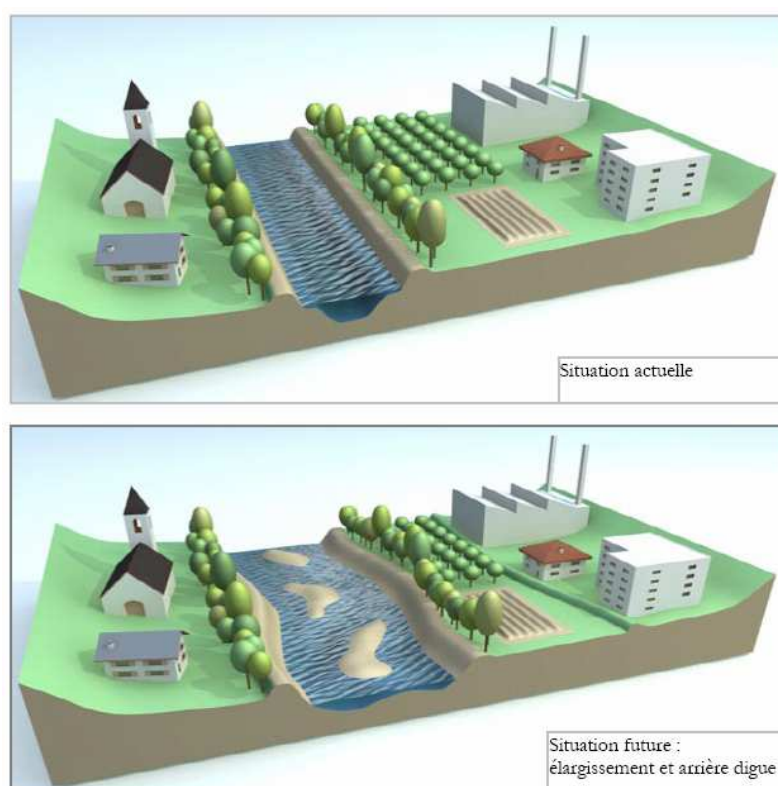


Fig. 1. Rhône actuel et principe d'aménagement : gestion de la crue centennale par élargissement du chenal et gestion des crues extrêmes par des arrière-digues (Projet_Rhône, 2005).

D'un point de vue géodynamique, les plaines alluviales sont caractérisées par une mosaïque de dépôts sédimentaires différents. La nature de ces dépôts, ainsi que leur emplacement et leur quantité dépendent principalement de la puissance des crues, de la vitesse du courant, de l'élévation et de la distance par rapport au cours d'eau. Les connections latérales de la plaine avec le fleuve ou la rivière sont essentielles pour le fonctionnement et l'intégrité d'une plaine alluviale (Thoms, 2003). En effet, les zones alluviales sont le carrefour entre les eaux et la terre. Lors d'une crue, le cours d'eau dépose des sédiments, ce qui influence considérablement, les sols et la végétation. Au fur et à mesure se crée une

mosaïque de milieux très différents : des graviers nus ou accompagnés d'une végétation pionnière, des pelouses steppiques, des forêts alluviales, des bras morts (Fig. 2). Cette richesse d'habitats va de pair avec une diversité exceptionnelle d'espèces végétales et animales. En effet, environ 1200 espèces de plantes ont été recensées dans ces zones, ce qui correspond à près de la moitié des espèces recensées sur le territoire helvétique (OFEFP, 2005 ; Gallandat et al., 1990). Lors d'un endiguement, la plaine alluviale se retrouve isolée et déconnectée du cours d'eau, ce qui modifie, voire supprime la sédimentation. L'impact est important pour l'évolution des sols, de la faune et de la végétation, car ces derniers dépendent des sédiments déposés par les crues et de l'effet de rajeunissement sur le milieu.

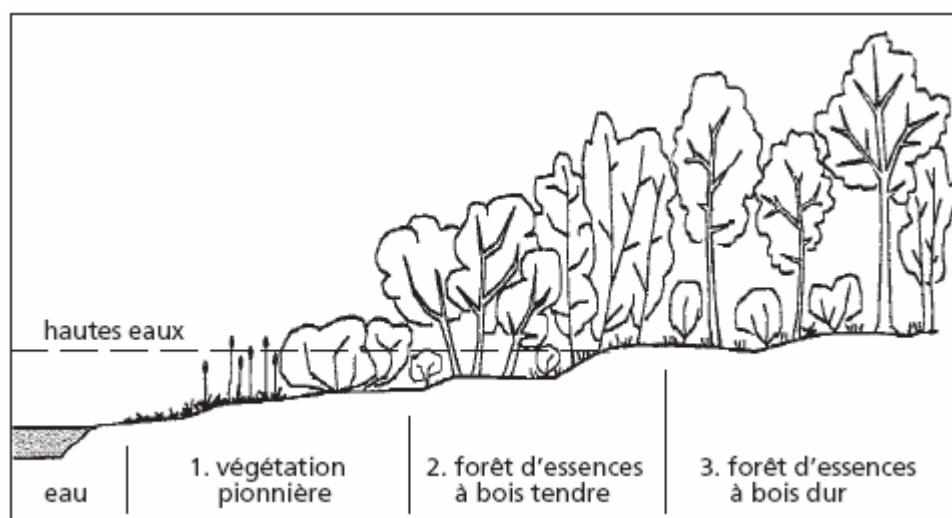


Fig. 2. Les trois milieux naturels principaux d'une zone alluviale, ainsi que la limite supérieure du cours d'eau lors des périodes de hautes eaux (OFEFP, 2005).

L'étude des sédiments et des sols, au même titre qu'une étude historique, permet de retracer certains événements passés, tout particulièrement les changements du milieu et les facteurs influençant sa formation. Les sols alluviaux sont caractérisés par leurs dépôts sédimentaires tout autant que par leur évolution (Gerrard, 1987). Ils sont issus de dépôts sédimentaires alluviaux successifs formant une stratification plus ou moins régulière, qui dépend de la dynamique de dépôt du fleuve. La formation d'un sol se fait lors d'une période de stabilité, c'est-à-dire sans crue et donc sans nouveau dépôt sédimentaire, ou lorsque la sédimentation est faible. Un nouveau dépôt plus important peut enfouir ce sol et donc le séparer de la zone active de pédogenèse^a (Daniels, 2003). Dans l'étude d'une plaine alluviale, les sols semblent donc être très bien placés pour fournir de précieuses informations concernant la dynamique alluviale générale : crues, dépôts sédimentaires et périodes de stabilité.

Mais l'étendue géographique et surtout la complexité des plaines alluviales conduit invariablement les scientifiques à un problème d'échelle (Thoms, 2003).

^a La pédogenèse est définie comme étant « la formation et l'évolution du sol » (Gobat et al, 2003).

En effet, les outils d'analyses sont souvent spécifiques à un niveau de description précis. Petts et Amoros (1996) proposent une approche hiérarchique du système fluvial en décrivant 5 niveaux distincts, de la surface la plus importante à la surface la plus restreinte :

- o le **bassin versant** correspond à la surface totale drainée par une rivière, le Rhône dans le cas de cette étude ;
- o les **secteurs fonctionnels** sont délimités par des changements de la largeur et du gradient de la vallée. Dans la plaine du Rhône valaisanne, trois secteurs sont délimités par d'importants cônes de déjections ;
- o les **ensembles fonctionnels** sont des zones formées d'unités écologiques typiques comme un méandre ou le cours d'eau principal ;
- o les **unités fonctionnelles** sont des milieux qui se trouvent en mosaïque dans les zones alluviales, comme les surfaces de graviers, les landes, ou les différentes forêts alluviales. Ils sont caractérisés par une communauté végétale ou animale indicatrice du milieu ;
- o les **microhabitats** sont des subdivisions des unités fonctionnelles en ce qu'ils sont particulièrement sensibles aux variations du milieu qui peuvent subvenir d'une année à l'autre.

L'étude des sols, des horizons, et des dépôts sédimentaires alluviaux permet donc la description d'une plaine alluviale à plusieurs niveaux. En effet, l'étude des horizons, des sédiments et des sols à un endroit précis permet de décrire la plaine au niveau des unités fonctionnelles et des ensembles fonctionnels. Puis la comparaison et la classification de ces unités distinctes permettent la description plus générale de la plaine, c'est-à-dire au niveau des secteurs fonctionnels, et même au niveau du bassin versant. Bullinger-Weber et Gobat (2006) ont mis au point une méthode peu coûteuse et bien adaptée à l'étude d'une plaine alluviale à plusieurs niveaux. Cette méthode repose sur la description et la classification des horizons, des sédiments et des sols. Elle propose le rattachement de ces derniers à des modèles (« facies models »), qui reflètent les différentes dynamiques de mise en place des sols possibles en zone alluviale. Cette méthode permet une bonne approche des zones alluviales, autant au niveau de leur diversité locale que globale.

L'intérêt de cette étude repose également sur le fait que deux approches complémentaires sont utilisées pour aborder la problématique. Nous avons respectivement obtenu, Joëlle Farine un Bachelor en géologie et Aline Gerber un Bachelor en biologie. Cette double approche semble tout particulièrement bien convenir à l'étude des zones alluviales car les facteurs qui influencent ces dernières sont autant géologiques que biologiques, suivant les périodes d'instabilité ou de stabilité des sols (voire tableau de séparation des tâches en annexe 1).

Pour finir, l'étude des sols en zone alluviale en général a longtemps été mise de côté et ce domaine est donc encore peu connu sur de nombreux points, notamment en ce qui concerne la matière organique de ces sols (Prof. Jean-Michel Gobat, communication personnelle).

Toutefois, il est important de donner quelques définitions avant d'aborder la problématique de notre travail. Celui-ci se fonde sur l'étude des sols, des

horizons et des dépôts sédimentaires alluviaux, il est nécessaire de distinguer ces termes de manière précise.

- o **Le sol** étant un objet très complexe, il en existe de nombreuses définitions. Une des définitions proposées par Gobat et al. (2003) est présentée ici : « Le sol est la couche la plus externe, marquée par les être vivants, de la croûte terrestre. Il est le siège d'un échange de matière et d'énergie entre l'air, l'eau, et les roches. Le sol, en tant que partie de l'écosystème, occupe une position-clé dans les cycles globaux des matières. » Société Suisse de pédologie, 1997, dans Gobat et al. (2003).
- o « **Les horizons** résultent de la subdivision d'une couverture pédologique en volumes considérés comme suffisamment homogènes. » (AFES, 1995). La « couverture pédologique » est utilisée par ces auteurs comme synonyme de « sol ».
- o « **Les alluvions fluviales** sont des matériaux [minéraux] récents, mis en place par transport puis sédimentation en milieux aqueux. » (AFES, 1995).

2. HYPOTHESES ET OBJECTIFS

A l'échelle géologique, la mise en place des plaines alluviales en général est régie par les mêmes paramètres, principalement le climat et la géomorphologie du bassin versant. L'homme, en intervenant dans ces milieux, modifie la dynamique alluviale des bassins versants. Cependant, les sédiments, même redistribués, restent une source d'information importante sur la dynamique du système. En conséquence, une unique méthode peut être utilisée pour décrire la dynamique de mise en place des sols dans toutes les plaines alluviales.

Le but de ce travail est l'étude de la dynamique alluviale passée et récente de la plaine alluviale du Rhône supérieur au travers de l'étude des sols et des sédiments déposés. La présente étude repose donc sur les hypothèses suivantes :

- o la méthode de Bullinger-Weber et Gobat (2006) peut être appliquée à la plaine alluviale du Rhône supérieur ;
- o il est possible de recomposer partiellement l'historique récent de la dynamique d'un cours d'eau à un endroit précis mais également de manière globale grâce à l'analyse des sols ;
- o la plaine du Rhône supérieur présentait plusieurs zones alluviales actives avant les corrections du Rhône, aujourd'hui disparues.

Nous effectuons le bilan des groupes d'horizons, des groupes de sols et des « facies models » de la plaine, d'après la méthode de Bullinger-Weber et Gobat (2006). Cela doit permettre d'interpréter la dynamique alluviale avant endiguement, puis l'impact de l'endiguement, et ceci au niveau des unités fonctionnelles et des ensembles fonctionnels. La comparaison des résultats obtenus avec ceux de Bullinger-Weber et Gobat (2006) doit permettre la validation de cette méthode pour le cours du Rhône supérieur.

Une étude sédimentologique des différents dépôts reposant sur la grève alluviale et une étude des horizons de surface, mais aussi des horizons organiques enfouis, permettent de décrire les périodes d'instabilité et de stabilité des sols de la plaine du Rhône. Il est par là possible de reconstituer les facteurs qui ont influencé ces dépôts, et donc l'environnement dans lequel les sédiments ont été déposés et dans lequel les sols ont évolué. Nous nous penchons également sur la pédogenèse actuelle des sols et les facteurs influençant aujourd'hui leur formation.

Nous synthétisons finalement les résultats sur une carte de la plaine en s'appuyant sur le plan Napoléon, réalisé en 1802 avant les grandes corrections du fleuve, ainsi que sur les cartes d'aménagement du territoire réalisées par Paulmier (2004) et Zanini et al. (2007). Cette carte constitue un bon outil pour la connaissance de la dynamique alluviale passée et récente, ainsi que pour la gestion à long terme de la plaine.

3. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

3.1. Localisation géographique

Le bassin versant du Rhône supérieur couvre une superficie de 5'220 km², dont 93,6 % sont compris dans les limites du canton du Valais (Suisse). Le Rhône lui-même parcourt 163 km de sa source jusqu'à l'embouchure du lac Léman et reçoit 295 émissaires, dont les deux plus importants (la Dranse et la Vispa) résument 28 % de la surface totale du bassin versant (Mariétan, 1943) (Fig. 3). La plaine alluviale représente 5 % de la surface du bassin versant, soit 261 km². La zone d'étude couvre toute cette surface, mais est concentrée plus particulièrement le long du cours du Rhône entre Brigue et Martigny. Le fleuve est, à cet endroit, fortement influencé par les cônes de déjection de l'Illbach, avant Susten, et de Saint-Barthélémy à la hauteur de St-Maurice, qui lui font chaque fois perdre beaucoup de dénivellation sur peu de distance, en comparaison au reste de la plaine (66 m sur 6 km pour l'Illbach, et 30 m sur 3 km pour Saint-Barthélémy) (Kalbermatten, 1964).

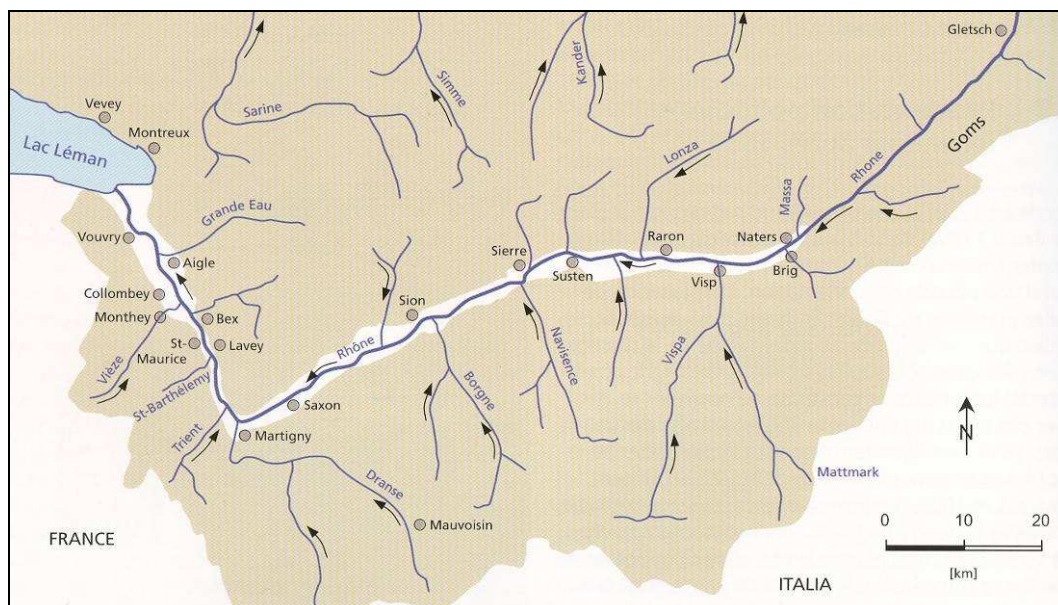


Fig. 3. Principaux affluents du Rhône, depuis sa source jusqu'au lac Léman (OFEG, 2003). Les flèches indiquent le sens du courant.

3.2. Conditions hydrologiques et climatiques

Le régime hydrologique du Rhône est considéré comme nivo-glaciaire. Les débits sont forts en été lors de la fonte des neiges et des glaces, et sont ensuite faibles pendant les périodes hivernales (Kalbermatten, 1964). Les précipitations moyennes, en plaine, varient énormément entre Brigue (750 mm/an), Sierre (440 mm/an), Riddes (580 mm/an) et Villeneuve (1120 mm/an) (Werner, 1988 ; Lavanchy, 1991), et augmentent avec l'altitude. Le climat de la région est tempéré, mais subit des influences continentales marquées en amont de Martigny, et plutôt océaniques en aval. Il en résulte des hivers et des étés

tempérés pour les régions soumises aux conditions océaniques, des hivers froids et des étés chauds pour les régions soumises aux conditions continentales (Posse, 1997).

3.3. Géologie

La géologie de la région est très complexe puisque trois formations alpines principales se côtoient (Burri, 1994 ; Marthaler, 2002) (Fig. 4) :

- o les Alpes externes (l'helvétique) au nord du Rhône,
- o les Alpes internes (le pennique) au sud du Rhône,
- o et les Alpes méridionales et orientales (l'austroalpin, ou nappe de la Dent Blanche en Valais) sur les sommets cristallins du sud.

La limite entre l'helvétique et le pennique a déterminé le tracé du Rhône dans le Valais central (Bullinger et al., 2006). Ces formations ont des âges, des origines géologiques et des histoires différentes. Les roches qui en font partie ont des compositions minéralogiques variées, parfois très particulières. Elles sont érodées peu à peu et, à terme, leurs débris sont charriés dans le fleuve par les affluents du Rhône, puis charriés jusqu'à l'embouchure du fleuve. 75% de la surface du bassin versant est composée de roches cristallines, 20% par des roches sédimentaires et 5% d'alluvions quaternaires (Kalbermatten, 1964).

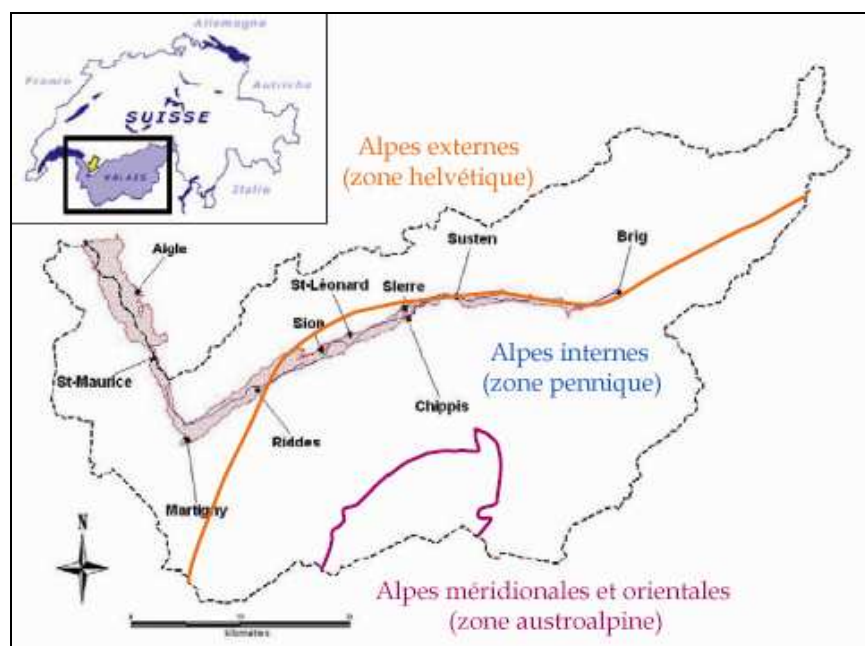


Fig. 4. Carte schématique des limites entre les différentes unités alpines : zone helvétique, pennique et austroalpine (modifiée d'après Paulmier, 2004).

3.4. Aménagement du territoire

Le paysage et, plus précisément, l'utilisation du sol dans la plaine du Rhône en Valais ont subi de profondes mutations au cours de ces 200 dernières années. Les travaux cartographiques de Paulmier (2004) et Zanini et al. (2007) permettent de mieux comprendre ces changements et de les quantifier. Ces travaux utilisent les outils SIG qui sont fondés sur la digitalisation de cartes historiques. Ils permettent donc une analyse des changements dans l'aménagement du territoire de la plaine du Rhône depuis 1850 jusqu'en 2003. Selon Paulmier (2004), la plaine était, avant la première correction du Rhône initiée en 1863, dominée et marquée par la dynamique du fleuve. Les zones agricoles constituaient déjà 69% de la surface de la plaine, les zones sous l'emprise du fleuve (le fleuve + la zone alluviale) occupaient 11%, les forêts 10%, et les zones marécageuses 8.2%, ce qui représente une grande diversité de milieux naturels. L'endiguement du Rhône, le drainage des terres, l'assainissement de la plaine, ainsi que les nouveaux moyens techniques développés suite à la révolution industrielle ont appauvri et morcelé les milieux naturels précédemment nombreux, riches et variés. Les zones alluviales, marécageuses et forestières ont été les plus touchées : elles ont perdu respectivement 95%, 85%, et 48% de leur surface entre 1850 et 2003, transformées essentiellement en terres agricoles. Dans le même temps, la surface des zones urbaines a augmenté de 650%, surtout depuis 1950, principalement aux dépens des zones agricoles. La plaine du Rhône est donc actuellement dominée par les zones agricoles et urbaines, la surface occupée par le Rhône à l'état naturel ne représentant plus que 1% de la surface de la plaine.

4.SONDAGES A LA TARIERE

4.1. Introduction

Les sondages à la tarière représentent un moyen, pratique, peu cher, et bien adapté à la description des sols d'une manière générale (Bullinger-Weber et Gobat, 2006). Ils permettent d'appréhender rapidement la diversité des sols d'une surface importante, une plaine alluviale dans le cas de cette étude. Par contre, les sondages ne permettent pas une grande précision pour la description des couches sédimentaires et des horizons. Ainsi, certains caractères du sol sont difficiles voire non descriptibles par ce biais. C'est notamment le cas de la structure, qui est le plus souvent modifiée par compaction lors du carottage (Baize et Jabiol, 1995 ; Jabiol et al., 1995). Un autre problème constitue la faible représentativité d'un sondage de très petit volume pour la description de sols sur une grande surface (Fig. 5). Mais il peut être surmonté en multipliant les sondages dans la zone d'étude.



Fig. 5. Tarière à rallonge (gauche) et exemple de sondage (droite).

La méthode développée par Bullinger-Weber et Gobat (2006) dans le cadre d'une étude des sols de la plaine alluviale de la Sarine (Suisse), est fondée sur la description de la succession verticale des couches sédimentaires et des horizons d'un sondage à la tarière. Elle permet ainsi la description des sols alluviaux et de leurs propriétés, sur une grande surface telle qu'une plaine alluviale. Cette méthode a pour but de grouper tout d'abord les horizons, puis finalement de grouper les sols. Ces derniers sont des abstractions statistiques obtenus à partir des caractères des sols observés sur le terrain. Ensuite, la méthode propose, en se fondant sur les groupes de sols obtenus, quatre « facies models » (Fig. 6), c'est-à-dire quatre modèles décrivant la stratification des dépôts alluviaux. Le premier « facies model » correspond à une sédimentation régulière dans l'espace et dans le temps, tandis que les « facies models » 2 à 4 correspondent à une sédimentation irrégulière. Le n°2 présente une couche épaisse recouverte de couches plus fines, le n°3 des couches fines surmontées d'une couche épaisse, et le n°4 une alternance de couches fines et de couches épaisses. Suivant leur présence ou non dans la plaine, ces modèles nous permettent d'évaluer le maintien de la diversité des sols alluviaux lorsque le cours d'eau est endigué (Bullinger-Weber et Gobat, 2006).

La différenciation et la description des horizons ainsi que des couches sédimentaires sont le niveau idéal pour la description des sols alluviaux, au niveau des ensembles fonctionnels et des unités fonctionnelles (Bullinger-Weber et Gobat, 2006). En effet, la texture, l'épaisseur, la matière organique (MO), et la séquence des couches sédimentaires reflètent la dynamique alluviale, que ce soit la sédimentation due à une crue ou le développement d'une structure dans les horizons de surface. Par exemple, la texture, c'est-à-dire la granulométrie des particules, reflète la vitesse du courant et, de manière générale, l'énergie de sédimentation (Bullinger-Weber et Gobat, 2006). En effet, un flux de haute énergie transporte des particules grossières tandis qu'un flux de basse énergie transporte des particules plutôt fines. D'autre part, Daniels (2003) propose les horizons A, leur formation et leur position dans le profil^a, comme témoins du taux d'alluvionnement. Selon Daniels (2003), le développement d'un horizon A épais et bien structuré en surface témoigne d'un taux de sédimentation faible, voire nul, tandis que la présence d'un horizon ou de plusieurs horizons A enfouis par des couches sédimentaires témoigne d'un taux de sédimentation élevé.

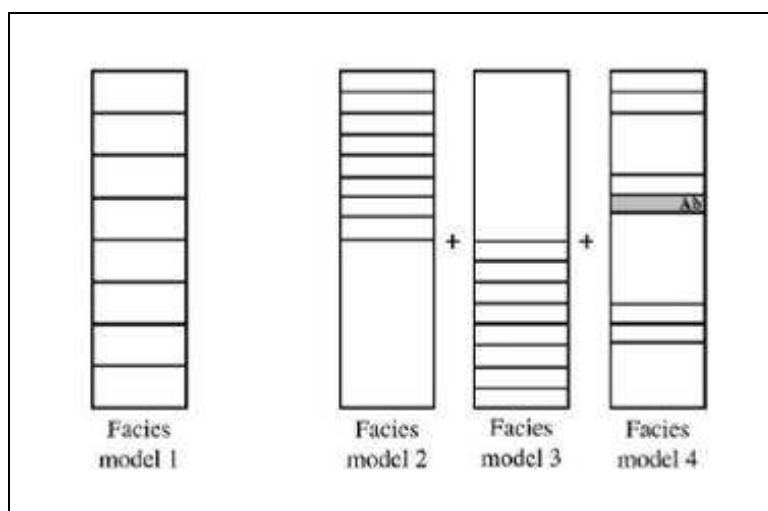


Fig. 6. « Facies models ». 1 : Superposition régulière d'horizons ou de couches sédimentaires. 2 : Couche épaisse recouverte par une séquence de couches fines. 3 : Séquence de couches fines recouverte d'une couche épaisse. 4 : Alternance de séquences de couches fines et de couches épaisses (Bullinger-Weber et Gobat, 2006).

En zone alluviale, une des difficultés concernant l'étude des sols consiste à distinguer les alternances de couches. En effet, les moments de stabilité, donc de structuration des horizons de surface sous l'influence de la vie, impriment des caractères pédogénétiques aux couches sédimentaires de surface qui étaient auparavant distinctes. Freytet et Plaziat (1982) décrivent plusieurs modèles qui illustrent la sédimentation et l'interférence des phases successives de pédogenèse (Fig. 7). Dans le cas d'un dépôt sédimentaire de faible épaisseur suivi d'une période de stabilité, la pédogenèse de la surface va très vite se superposer à la pédogenèse enfouie par ce dépôt. Alors que dans le cas d'un dépôt d'une

^a « Le profil est la séquence d'informations concernant un solum (tranche verticale d'une couverture pédologique observable dans une fosse), ordonnée de haut en bas. » (AFES, 1995)

épaisseur suffisante, la pédogenèse de surface n'atteindra pas celle qui est enfouie. Il est donc important de distinguer les discontinuités de texture dans le profil pour bien appréhender les sols alluviaux, leurs propriétés, et la dynamique alluviale de la plaine en général. Dans le cas d'une superposition de plusieurs pédogenèses, les différences de texture à l'intérieur de l'horizon permettent de distinguer les différentes couches sédimentaires à l'origine du sol.

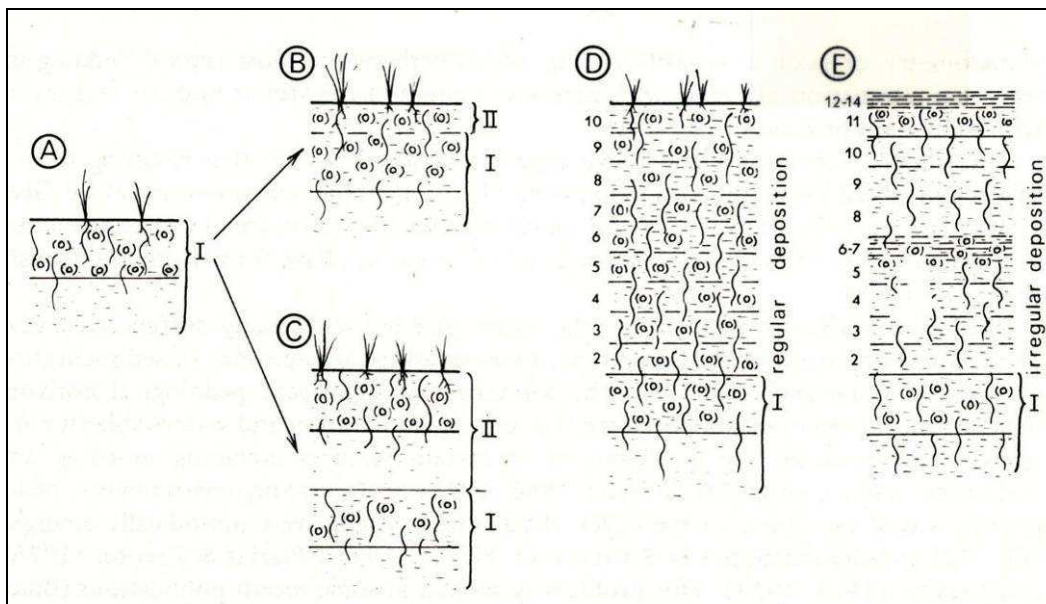


Fig. 7. Modèles de sédimentation et d'interférence de phases successives de pédogenèse. A : formation d'un sol sur un dépôt sédimentaire I. B : le sol est recouvert d'un dépôt sédimentaire II peu épais, puis formation d'un nouveau sol ; il y a interférence des deux phases de pédogenèse. C : le dépôt II est plus épais ; il n'y a pas d'interférence entre les deux phases de pédogenèse. D : dépôts réguliers de faible épaisseur (2-10) avec interférence de toutes les phases de pédogenèse. E : dépôts d'épaisseur irrégulière (2-14) ; plusieurs phases de pédogenèses sont distinctes et n'interfèrent pas entre elles (Freytet et Plaziat, 1982).

L'endiguement massif des rivières et des fleuves est une raison qui a conduit à de nombreuses études sur les sols, sur la géomorphologie des plaines alluviales ainsi que sur les facteurs qui les régissent (Bullinger-Weber et Gobat, 2006 ; Florsheim et Mount, 2003 ; Mendonca Santos et al., 1997 ; Spaliviero, 2002 ; Steiger et al., 1998 ; Surian, 1999 ; Surian et Rinaldi, 2003 ; Thoms, 2003). De manière générale, ces auteurs notent, comme conséquence de l'endiguement, un changement dans le régime hydrique du cours d'eau, et donc aussi de la sédimentation. Les adaptations de la rivière et du bassin sédimentaire qui en découlent sont généralement très rapides (Surian et Rinaldi, 2003). L'endiguement influence directement les sols alluviaux, puisque ces derniers sont coupés de l'influence du cours d'eau, donc de toute nouvelle sédimentation (sauf évidemment en cas de rupture des digues). Il en résulte, entre autre, une structuration des horizons de surface. L'importance de cette structuration dépend des conditions physico-chimiques locales, ainsi que du temps écoulé depuis le dernier dépôt sédimentaire conséquent.

4.2. Matériel et méthodes

Les sondages à la tarière ont été effectués de manière préférentielle le long de la plaine du Rhône, en choisissant des endroits potentiellement variés au niveau de la dynamique alluviale, d'après la méthode développée par Bullinger-Weber et Gobat (2006). Tout d'abord prévus en tant que première étape du travail, les sondages ont dû être effectués après l'ouverture des fosses pédologiques. Ils sont regroupés en 8 stations qui se situent entre Dorénaz (près de Martigny) et Selkingen (Fig. 8), afin d'illustrer au mieux la variabilité des sols le long du Rhône depuis le Bas-Valais jusqu'en Haut-Valais:

1. Martigny
2. Saillon
3. Aproz
4. La Brèche, Sierre
5. Finges
6. Tourtemagne
7. Rarogne
8. Selkingen

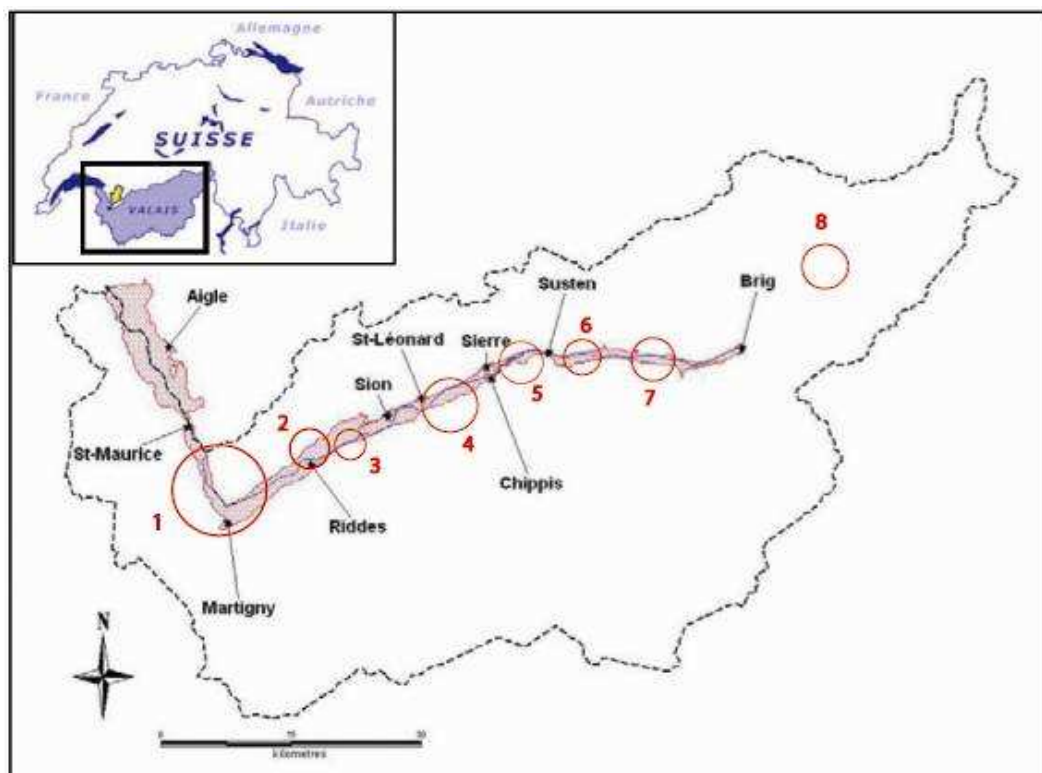


Fig. 8. Canton du Valais (pointillé) et plaine du Rhône (rose). Les sondages ont été effectués dans huit stations (1 à 8), dont sept se trouvent dans la plaine du Rhône et la huitième en amont de Brigue. Carte modifiée d'après Paulmier (2004).

Deux d'entre elles, Finges et Selkingen, sont les deux seules stations où le Rhône n'est pas endigué, ou alors ne l'est que partiellement. En outre, la station de Selkingen ne se trouve pas vraiment dans la plaine du Rhône, mais dans la partie

amont du cours d'eau. La vitesse d'écoulement du Rhône y est plus élevée qu'en aval de Brigue. Il est donc intéressant de comparer les sols de la partie du cours d'eau se trouvant en amont avec celle qui se trouve en aval de Brigue.

Les sondages sont répartis, à l'intérieur de chaque zone, de manière à illustrer au mieux la variabilité des sols en tenant compte de critères du paysage : l'utilisation agricole du sol, l'éloignement par rapport au fleuve, la présence de boisements et la topographie. Les sondages n'atteignant pas la grève alluviale dans les 2m au-dessous de la surface (taille maximum de la tarière utilisée sur le terrain) sont évités autant que possible.

Les caractères suivants sont relevés pour chaque sondage :

- o épaisseur totale (cm) du profil, depuis la surface jusqu'à la grève alluviale (graviers et galets),
- o nombre d'horizons et de couches sédimentaires du profil,
- o profondeur (cm), épaisseur (cm) et texture de chaque horizon et couche sédimentaire,
- o présence ou absence de taches d'oxydo-réduction, de matériel grossier et de macrorestes organiques dans chaque horizon et couche sédimentaire,
- o structure des premiers horizons de surface,
- o présence ou absence d'horizon de labour.

Un indice est calculé pour chaque sondage :

- o Le nombre de couches (horizons et dépôts sédimentaires ; cf. définitions au chapitre 1) par mètre vertical (« nb/mètre »).

La nomenclature des horizons et des couches sédimentaires, ainsi que le rattachement des sondages à une Référence, sont faits d'après le Référentiel Pédologique (AFES, 1995). Les discontinuités texturales sont prises en compte pour séparer des couches sédimentaires qui, a priori, sont sous l'influence d'une même pédogenèse. De plus, les horizons organiques découverts lors de ces sondages sont échantillonnés en vue d'analyses de la matière organique prévues initialement uniquement pour les horizons organiques des fosses pédologiques.

Le traitement statistique des données (uniquement les sondages atteignant la grève alluviale) se fait en deux parties (annexe 2.4). La première consiste en une analyse des caractères des horizons et des couches sédimentaires. Certaines variables sont quantitatives (profondeur (sommet de l'horizon ou de la couche dans le profil), épaisseur, pourcentage de limons et d'argiles) et d'autres sont binaires (présence/absence de sable grossier, sable moyen, sable fin, macrorestes organiques, taches d'oxydo-réduction, matériel grossier, et horizon de perturbation). La texture - relevée sur le terrain sous forme d'abréviation - est transformée en données quantitatives et binaires (Tableau 1). Les variables quantitatives sont tout d'abord transformées en cinq quantiles, puis les données des horizons et des couches sédimentaires sont traitées par une analyse en correspondances multiples (ACM), en utilisant le logiciel SPAD, version 6.0. Ensuite, ils sont groupés par classification ascendante hiérarchique sur facteurs (CAH) avec une agglomération selon Ward et la distance euclidienne.

Tableau 1. Transformation des classes texturales, relevées sous forme d'abréviation sur le terrain, en données quantitatives et binaires.

Abréviation	Argile %	Limons %	Sf ^a	Sm ^a	Sg ^a
A	90	10	0	0	0
AL	70	30	0	0	0
L	10	90	0	0	0
LA	30	70	0	0	0
LS	10	70	1	0	0
Sf	10	10	1	0	0
SfL	10	30	1	0	0
Sg	10	10	0	0	1
S-L	10	30	1	0	0
Sm	10	10	0	1	0
Sg	10	10	0	0	1

^a 1=présence, 0=absence

La deuxième partie du traitement statistique consiste en une analyse des caractères des sondages. Certaines de ces variables sont quantitatives continues (profondeur totale, nb/mètre) et d'autres sont quantitatives discrètes (somme des groupes d'horizons présents dans chaque sondage). Les variables quantitatives continues sont tout d'abord ramenées dans une échelle de valeurs proche des variables quantitatives discrètes. Pour ce faire, un changement d'unité de cm en m est effectué sur la variable « profondeur totale ». La variable « nb/mètre », quant à elle, est tout d'abord centrée-réduite puis transformée en valeurs positives. Ensuite, les données des sondages sont traitées par une analyse factorielle des correspondances (AFC). Pour finir, les sondages sont groupés à l'aide d'une classification ascendante hiérarchique sur facteurs (CAH), en utilisant le logiciel SPAD, version 6.0.

Ces traitements statistiques permettent de mettre en évidence des groupes de sondages significativement différents.

4.3. Résultats

90 sondages à la tarière, dont 81 d'entre eux atteignent la grève alluviale, ont été effectués le long de la plaine du Rhône entre le 10 avril 2007 et le 1^{er} mai 2007 (annexe 2.1).

4.3.1. Classification des horizons et des couches sédimentaires

440 horizons et couches sédimentaires ont été traités statistiquement. 30% de la variance est expliquée par les trois premiers facteurs de l'ACM effectuée sur les données des horizons et des couches sédimentaires. Les variables significatives pour les premiers facteurs sont, dans l'ordre d'importance : la présence de matériaux grossiers, d'un horizon de perturbation, de sables moyens, de sables fins, l'épaisseur, la présence de taches d'oxydo-réduction, et enfin de limons. La CAH sur facteurs propose une classification en 7, 8 ou 4 groupes d'horizons (et couche sédimentaire sous-entendue). La classification en 8 groupes est retenue pour cette étude, car c'est celle qui représente le mieux la diversité des horizons et des couches sédimentaires décrits sur le terrain (groupes d'horizons sont

numérotés en chiffres romains). De plus, la projection des horizons sur les trois premiers facteurs nous montre des groupes assez homogènes (Fig. 9). Cette classification propose, en outre, un groupe d'horizons caractérisé par le labour (groupe IV). Ce caractère semble essentiel pour la description d'une plaine alluviale avec un fleuve endigué sur la plupart de son cours, mais qui conserve encore quelques zones alluviales actives.

- o Groupe I : principalement caractérisé par la présence de sables fins, par une faible épaisseur et par un sommet proche de la surface (annexe 2.2).
- o Groupe II : caractérisé par une texture limono-sableuse ou sablo-limoneuse, des taches d'oxydo-réduction, une grande épaisseur, et un sommet de la couche en profondeur.
- o Groupe III : présence de macrorestes organiques et de taches d'oxydo-réduction.
- o Groupe IV : présence d'un horizon de labour, une très grande épaisseur, une texture limoneuse, la présence de matériaux grossiers, et un sommet de la couche proche de la surface.
- o Groupe V : une texture argileuse, une faible épaisseur et un sommet de la couche en profondeur.
- o Groupe VI : une texture limoneuse et une faible épaisseur.
- o Groupe VII : présence de sables grossiers et de matériaux grossiers.
- o Groupe VIII : présence de sables moyens et de matériaux grossiers.

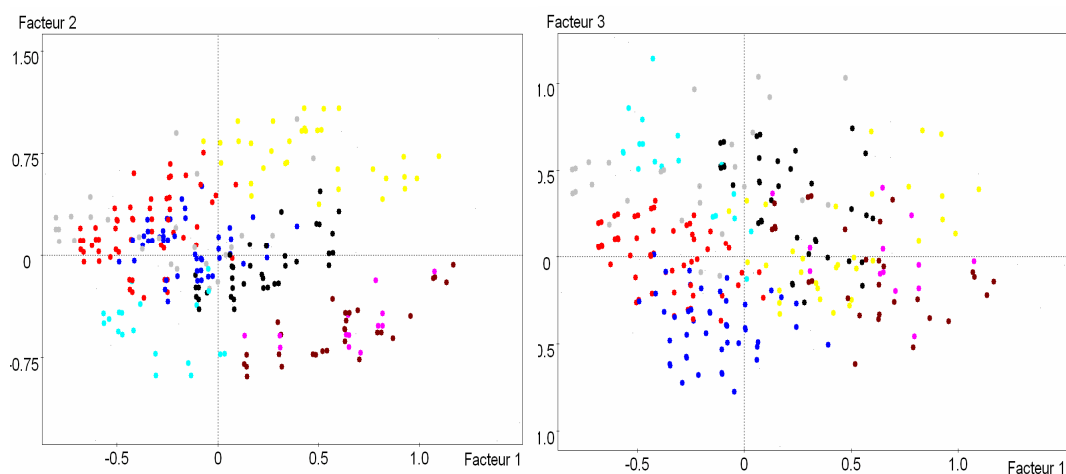


Fig. 9. Projection des horizons sur les facteurs 1 et 2 (figure de gauche), ainsi que sur les facteurs 1 et 3 (figure de droite), de leur classification ascendante hiérarchique sur facteurs (CAH). Les couleurs correspondent aux 8 groupes d'horizons (bleu foncé : groupe I ; rouge : groupe II ; gris : groupe III ; jaune : groupe IV ; turquoise : groupe V ; noir : groupe VI ; rose : groupe VII ; brun : groupe VIII).

4.3.2. Classification des sondages

Avec 55% de la variance expliquée par les trois premiers facteurs, l'AFC effectuée sur les données des sondages propose les variables significatives suivantes (dans l'ordre d'importance sur les trois premiers facteurs) : le groupe d'horizons V, le groupe VII, le groupe VI, le groupe IV, et le groupe III (Fig. 10). En revanche, la profondeur du sondage, l'indice « nb/m » et les groupes d'horizons I, II et VIII sont très peu significatifs. La CAH sur facteurs propose une classification en 5 ou

7 groupes. La classification en 5 groupes a été retenue car les groupes sont très homogènes en projection sur les deux premiers axes (Fig. 10). De plus, ces groupes sont bien distincts dans leurs caractéristiques et semblent bien correspondre à la diversité des sols décrits sur le terrain (groupes de sondages numérotés en chiffres arabes). Les caractéristiques des groupes de sondages, qui sont des abstractions statistiques, sont présentées en annexe 2.3. La Fig. 11 illustre chaque groupe par un sol réel décrit sur le terrain.

- o Groupe 1 : présence d'horizons du groupe II et VI, faible nombre d'horizons par mètre.
- o Groupe 2 : présence d'un horizon du groupe IV.
- o Groupe 3 : présence d'horizons du groupe VII.
- o Groupe 4 : présence d'horizons du groupe I, nombre élevé d'horizons par mètre.
- o Groupe 5 : présence d'horizons des groupes III et V.

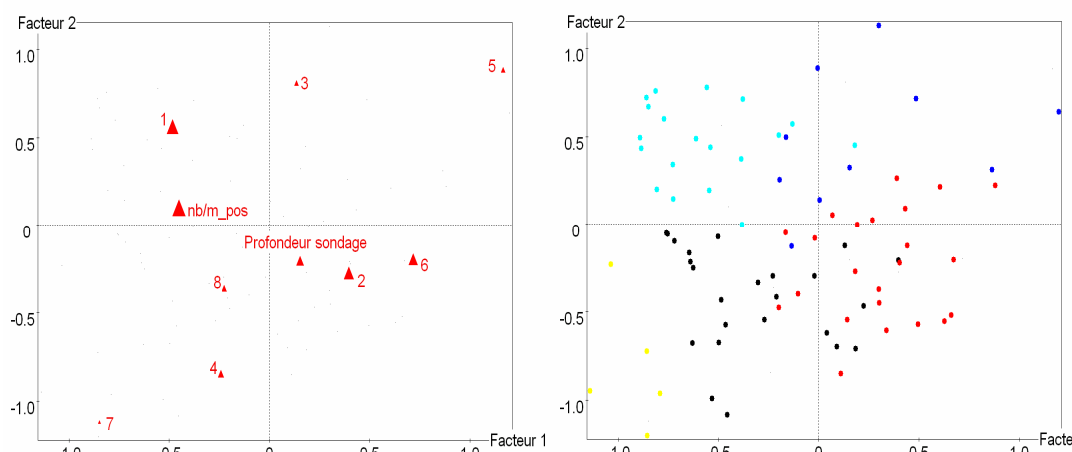


Fig. 10. (gauche) Projection des variables sur les facteurs 1 et 2 de l'analyse factorielle des correspondances (AFC) ; on constate que les variables 7 (groupe d'horizons VII) et 5 (groupe d'horizons V) sont les plus fortement significatives. (droite) Projection des sondages sur les facteurs 1 et 2 de leur classification ascendante hiérarchique sur facteurs (CAH) ; les couleurs correspondent aux 5 groupes de sondages (rouge : groupe 1 ; noir : groupe 2 ; jaune : groupe 3 ; turquoise : groupe 4 ; bleu foncé : groupe 5).

4.4. Discussion

Les sols du groupe n°1 (Fig. 11) ont peu de couches par mètre, des couches sédimentaires épaisses qui sont, dans l'ensemble, de texture fine, et ils présentent des taches d'oxydation en profondeur. Les couches sédimentaires sont composées de sables fins en profondeur et de limons en surface. Cela correspond à une sédimentation plutôt régulière dans l'espace et dans le temps (Bullinger-Weber et Gobat, 2006), donc au « facies model » n°1 (Fig. 6). En outre, la présence d'un horizon organo-minéral assez épais et biomacrostructuré à la surface de la plupart des sols de ce groupe indique une période de stabilité assez longue. Il n'y a vraisemblablement plus de sédimentation alluviale aux endroits où se trouvent ces sols, ce qui pourrait découler de la première ou de la deuxième correction du

Rhône. Enfin, la présence de taches d'oxydation dans plusieurs couches sédimentaires en profondeur indique la présence d'une nappe phréatique dont le niveau fluctue avec une grande amplitude.

Les sols du groupe n°2 (Fig. 11) sont caractérisés par un horizon de labour en surface, dont la texture est limoneuse, et qui contient des matériaux grossiers, des graviers pour la plupart. Ces sols pourraient être rattachés au facies modèle n°3 (Fig. 6), en tout cas ceux qui sont assez profonds. Une bonne partie d'entre eux sont très peu épais, et le labour a atteint la grève alluviale, ce qui ne laisse aucune couche sédimentaire en place en dessus de la grève. Par exemple, le profil qui illustre le groupe 3 (Fig. 11) est peu profond et ne présente pas de couches en dessous du labour. Il s'agit donc de sols alluviaux faits de plusieurs dépôts sédimentaires, qui ont par la suite été exploités dans un but agricole. Les couches de surface ont été homogénéisées, ce qui forme un horizon de labour d'une épaisseur variable selon l'exploitation. Ceci n'est possible que si le fleuve est endigué, c'est-à-dire lorsqu'il n'y a plus de sédimentation. Ce sont donc également des sols qui résultent de la correction du Rhône.

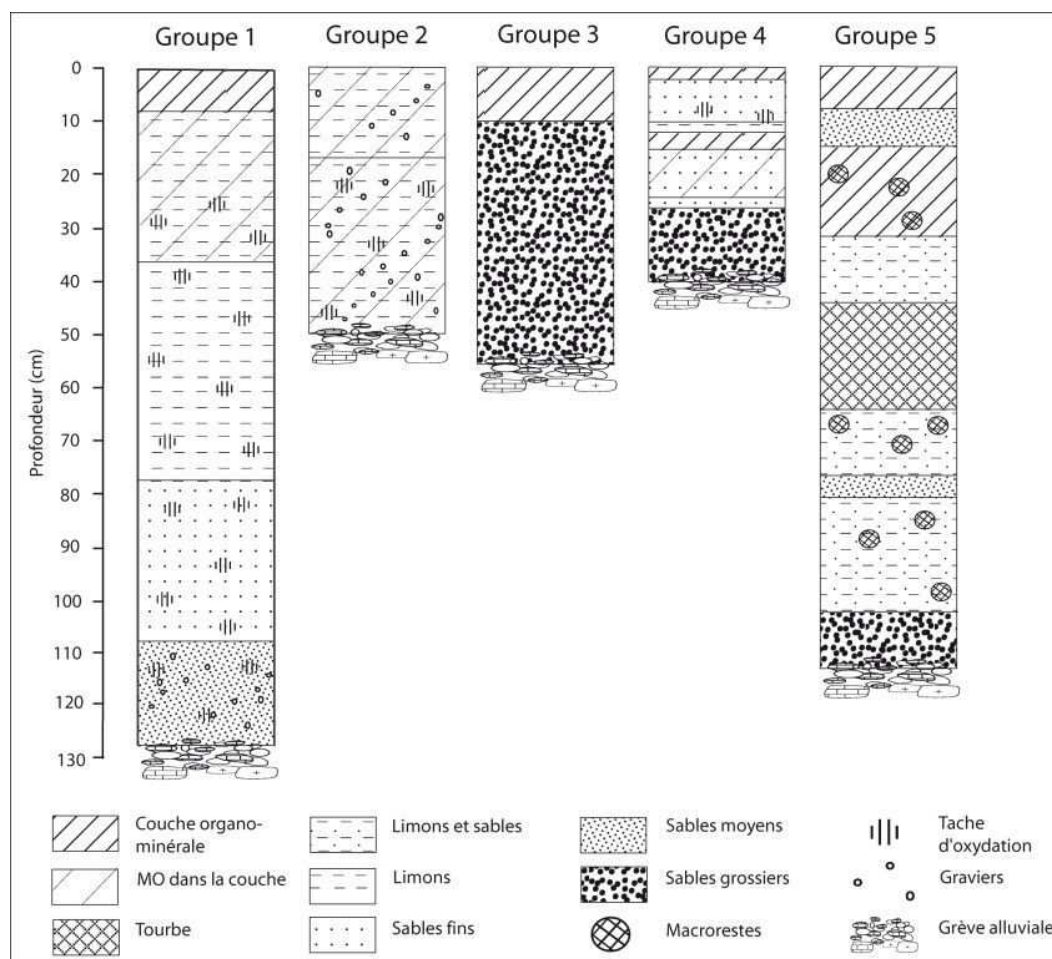


Fig. 11. Schéma de cinq sondages à la tarière décrits sur le terrain, illustrant les groupes de sols 1 à 5. Les groupes de sols sont obtenus par classification des horizons et des couches sédimentaires, puis par classification des sondages.

Les sols du groupe n°3 se distinguent clairement du reste des sols par une texture uniforme de sables grossiers et par la présence de matériaux grossiers. Ceci suggère un processus de sédimentation caractérisé par une vitesse de courant rapide (Bridge et Gabel, 1992 ; Gerrard, 1987 ; Owens et al., 1999). L'absence de couche de granulométrie plus fine en surface indique que ces sols ont été brusquement coupés de l'influence du fleuve, que ce soit par l'endiguement ou par un changement spatial naturel du cours d'eau. Cependant, la plupart d'entre eux sont pourvus d'un horizon organo-minéral de surface bien développé, ce qui suggère l'absence de sédimentation pendant une longue période, sans doute depuis les corrections du fleuve. Ces sols sont difficiles à rattacher à un « facies model », mais ils se rapprochent tout de même du n°1 (Fig. 6).

Les sols des groupes n°4 et 5 présentent une alternance de couches fines et de couches épaisses, dont la granulométrie est très variable, allant des argiles aux sables grossiers. Le groupe n°4 présente plus spécifiquement un nombre élevé de couches par mètre et une couche de sables fins en surface, tandis que le groupe n°5 est caractérisé par la présence de macrorestes organiques, de couches argileuses de faible épaisseur et de taches d'oxydation. Ces deux groupes correspondent au facies modèle n°4 (Fig. 6), c'est-à-dire une alternance de couches d'épaisseurs très diverses, induisant une mosaïque spatiale de sols (Bullinger-Weber et Gobat, 2006). Une grande partie de ces sols contiennent des horizons organo-minéraux ou holorganiques enfouis, qui témoignent de périodes de stabilité. Ces périodes de stabilité sont entrecoupées de périodes d'instabilité marquées par la sédimentation. Les sols de ces deux groupes sont donc potentiellement dans une zone où la sédimentation est encore active, le témoin de cette activité étant la structuration des horizons de surface.

De manière générale, le caractère qui semble dominer la classification des sols dans la plaine alluviale du Rhône supérieur est la granulométrie. Celle-ci reflète la variété des dépôts alluviaux (Bullinger-Weber et Gobat, 2006), influencée notamment par la vitesse du courant. Cela correspond, dans l'ensemble, à ce que Bullinger-Weber et Gobat (2006) décrivent dans le cadre de recherches sur les sols alluviaux des bords de la Sarine (Suisse). Les auteurs y décrivent 10 groupes de sols, qui semblent être également dominés par les facteurs sédimentaires. Ce nombre plus important de groupes par rapport à l'étude des sols de la plaine du Rhône supérieur, peut sans doute s'expliquer par une plus grande diversité de sols le long de la Sarine. En effet, cette rivière n'est pas canalisée sur toute sa longueur ce qui maintient une grande diversité de dynamiques alluviales. Il est également probable que la différence du nombre de groupes de sol soit due à la plus grande quantité de sondages effectués par Bullinger-Weber et Gobat (2006). Malgré cela, la plupart des « facies models » proposés par ces auteurs, à l'exception du facies modèle n°2, sont illustrés par les sols de la plaine du Rhône supérieur. La diversité des sols est donc maintenue, semble-t-il, dans l'ensemble de la plaine, malgré l'endiguement du fleuve. Mais le Rhône étant tout de même endigué à plus de 90%, cette diversité s'explique vraisemblablement par la présence des seules stations où la dynamique alluviale est encore active (Finges et station de Selkingen). L'absence du facies model n°2 s'explique par l'absence, dans la plaine alluviale du Rhône supérieur, de zones qui se trouvent tout d'abord en-dehors de l'influence du fleuve, puis qui sont ensuite régulièrement

inondées. Cela forme des sols constitués d'une couche épaisse en profondeur, surmontées de plusieurs couches fines.

Pour finir, il est indispensable de replacer géographiquement les sondages le long du fleuve afin de pouvoir interpréter plus finement l'état des sols et les dynamiques alluviales de la plaine. Ce sujet fait l'objet du chapitre 9 (Cartographie).

5.PROFILS DE SOL

5.1. Introduction

Les principaux sols des plaines alluviales, plus précisément les sols des lits majeurs et mineurs des rivières, sont des FLUVIOSOLS, d'après le Référentiel Pédologique (AFES, 1995). Ce sont des sols jeunes, d'habitude peu évolués, qui se forment sur des sédiments fluviatiles et qui peuvent être inondés si la rivière est en crue. Ils sont caractérisés par le transport et le dépôt de sédiments, mais aussi par une pédogenèse spécifique (Gerrard, 1987). Deux grands types de sols alluviaux sont référencés : les FLUVIOSOLS BRUTS qui présentent une couche sédimentaire en surface, sans horizon organo-minéral, et les FLUVIOSOLS TYPIQUES qui présentent une ou plusieurs couches de sédiments fins avant la couche de matériaux grossiers, et un horizon organo-minéral en surface. Le dépôt constitué de matériaux grossiers, principalement des graviers et des galets, est typique du lit des rivières et se nomme la grève alluviale.

Ces sols peuvent laisser place à des REDOXISOLS ou des REDUCTISOLS si la nappe phréatique fluctue ou persiste dans les premiers 50cm du solum (AFES, 1995). L'endiguement de la rivière peut également modifier l'évolution et la dynamique des sols en zone alluviale. En effet, les sols ne seront plus inondés et ne seront plus constamment rajeunis, comme c'est normalement le cas dans une zone alluviale active. En conséquence, les horizons de surface tendent à se structurer, si la texture le permet.

Les sols polyphasés ne sont pas rares en plaine alluviale. En effet, certains FLUVIOSOLS sont constitués de plusieurs dépôts de sédiments alluviaux superposés, correspondant à des crues successives, ainsi que d'horizons organo-minéraux ou holorganiques enfouis. Cela forme une discontinuité dans la lithologie et influence la pédogenèse dans le profil. Il est pratiquement impossible de savoir si la succession des couches sédimentaires dans de tels sols correspond à une succession temporelle continue. Il est facilement imaginable qu'une crue puisse décaper une partie des horizons ou couches sédimentaires en place, et déposer de nouveaux sédiments.

De la dynamique alluviale découle également une très grande diversité spatiale des sols, principalement due à la diversité des dépôts, donc à l'intensité des crues, à leur durée, à la vitesse du courant, ainsi qu'à la microtopographie de la plaine. Thoms (2003) caractérise cette hétérogénéité de mosaïque spatiale dynamique. Müller et Guenat (2004) l'ont confirmé dans leur étude des sols de la plaine alluviale du Rhône, sur un secteur se situant entre Riddes et Fully. L'étude de profils est donc adaptée à la description des sols au niveau des unités fonctionnelles, d'après la définition de Petts et Amoros (1996).

Les activités humaines ont un grand impact sur les sols se trouvant dans le lit inférieur et supérieur du Rhône, aux endroits où le fleuve est endigué. Le labour dans les cultures, les remblais, ainsi que le curage des canaux modifient les horizons et les couches sédimentaires de surface. Une grande partie des informations contenues dans les sédiments et les horizons est perdue suite au labour, qui peut être très profond suivant les cultures et l'hétérogénéité des

dépôts (jusqu'à 1.50m pour la culture d'arbres fruitiers), et qui a pour résultat l'homogénéisation des couches de surface.

5.2. Matériel et méthodes

Des fosses pédologiques ont été creusées et les profils de sol ont été décrits afin d'illustrer les différents groupes de sols issus de la classification des sondages à la tarière. Pour des raisons pratiques, les fosses pédologiques ont été ouvertes avant d'avoir fait les sondages à la tarière. Etant donné que les sols de la plaine du Rhône sont essentiellement mis en culture s'ils ne sont pas en zone bâtie, les fosses ne peuvent être creusées qu'en automne, en hiver ou au début du printemps afin d'éviter des dégâts dans les cultures. De plus, la nappe phréatique étant très haute au printemps et en été, cela rend difficile le creusement de fosses profondes. Pour finir, les sondages ne pouvant être agendés avant le printemps, les fosses ont été creusées en hiver afin de ne pas perdre de temps. A défaut de pouvoir se fonder sur la classification des sondages, la recherche des sites potentiels repose sur les recherches de Posse (1997), ainsi que Müller et Guenat (2004), en ayant pour but de choisir quelques sols bien différents au niveau des couches sédimentaires et de la pédogenèse.

Les profils de sols ont été décrits sur le terrain selon les recommandations de Baize et Jabiol (1995), en ayant particulièrement soin d'identifier toutes les couches sédimentaires. Les caractères suivants sont relevés pour chaque couche sédimentaire et chaque horizon (cf. définitions au chapitre 1) : profondeur, transitions, racines, structure, texture, matériaux grossiers, pH, réaction à HCl, couleur Munsell, activité biologique. La description est complétée par les données stationnelles, un schéma ainsi qu'une photo du profil.

La nomenclature des horizons et le rattachement du type de sol à une Référence sont faits d'après le Référentiel Pédologique (AFES, 1995). De même que pour la nomenclature des horizons de surface des sondages à la tarière, les discontinuités texturales sont prises en compte pour séparer des couches sédimentaires qui, a priori, sont sous l'influence d'une même pédogenèse.

Les couches sédimentaires et les horizons sont ensuite échantillonnés, en séparant les échantillons suivant s'ils sont destinés à des analyses géologiques ou biologiques. Tous les horizons et dépôts sont prélevés pour les analyses géologiques, tandis que seuls les échantillons contenant effectivement ou potentiellement de la matière organique (MO) sont échantillonnés pour les analyses de matière organique. Les échantillons sont stockés au frais en attendant le début des analyses.

5.3. Résultats

6 fosses pédologiques ont été creusées et décrites entre le 30 novembre 2006 et le 3 mars 2007 : P1 et P2 à Saillon, P3 à Rarogne, P4 à Tourtemagne, P5 au lac de la Brèche, et P6 à la Ferme des Îles près de Martigny. P2 est un profil ouvert à la

pelle mécanique lors de l'arrachage des arbres fruitiers d'un verger. Il se trouve très proche de P1 et sert de profil d'exercice autant pour la description sur le terrain que pour l'échantillonnage et les analyses de laboratoire. Malheureusement, aucun profil n'a pu être décrit à Finges, à cause d'un manque de temps et de la quantité importante d'analyses prévues pour les échantillons (les échantillons ont été beaucoup plus nombreux que prévu pour les profils 1 à 6).

Les données stationnelles, le schéma et la photo de chaque profil sont présentés en annexe 3.

Tous les sols décrits dans le cadre de cette étude sont carbonatés depuis le haut jusqu'au bas du profil. Ils ont des pH élevés, ils présentent des signes de battement de nappe à forte amplitude, et sont constitués de plusieurs couches sédimentaires de texture différente. Tous les profils ont des séquences de couches sédimentaires caractéristiques des sols alluviaux : plusieurs dépôts récents (Holocène) composés de particules fines de tailles variables reposent sur une couche sédimentaire composée d'éléments grossiers, la grève alluviale.

5.3.1. P1 - Les Epeneys, Saillon

REDOXISOL fluviatique, anthropisé
(annexes 3.1 et 3.2)

Au sud-est du village de Saillon se trouve un lieu-dit nommé Les Grands Glariers, nom qui vient du latin « gravea » signifiant graviers. Cela indique la présence de sols graveleux, riches en matériaux grossiers (Posse, 1997). Cette indication est renforcée par la présence de cultures de vignes à cet endroit, cultures qui peuvent se faire sur les sols où les graviers et galets sont très proches de la surface. Le profil P1 se trouve à proximité des Grands Glariers et d'un rideau-abris, c'est-à-dire une parcelle de forêt vestige de l'ancienne forêt alluviale (Posse, 1997), dans une culture d'arbres fruitiers basse tiges. Il se trouve également à proximité d'un canal d'irrigation. La distance du profil par rapport au cours du Rhône actuel est d'environ 500m.

Le profil a une profondeur de 120cm pour 10 couches distinctes. Il présente un horizon organo-minéral biomacrostructuré assez bien développé, un horizon de labour subdivisé en deux parties d'une profondeur de 57 cm, plusieurs couches sédimentaires de granulométrie différente et la grève alluviale à 114 cm, composée de cailloux d'environ 2cm de diamètre. L'horizon de labour est bien visible, tout d'abord par son mélange textural, mais surtout par la présence de nombreuses taches qui correspondent à des petits ensembles de texture homogène. Les couches sédimentaires ont une tendance sableuse à limono-sableuse.

La nappe phréatique se trouve, le jour de la description, à la limite supérieure de la grève alluviale. De nombreux bouts de bois (5cm à 1m environ) se trouvent à cet endroit du profil. Ils sont assez bien conservés, mais n'ont plus d'écorce visible.

Les taches d'oxydation apparaissent dès 13cm et sont ensuite présentes dans tout le profil. Tout d'abord très diffuses, elles deviennent très marquées avec la profondeur.

5.3.2. P3 - Rarogne

REDOXISOL fluviatique, anthropisé
(annexes 3.3 et 3.4)

Le profil se trouve dans une parcelle agricole, exploitée en cultures annuelles. Quelques tiges de céréales au sol provenant de la saison passée en attestent. Un canal avec une relique de forêt alluviale se trouve à proximité. La distance du profil par rapport au cours du Rhône actuel est d'environ 500m.

Le profil a une profondeur de 95cm, avec 14 couches distinctes. Un grand horizon de labour, subdivisé en deux parties, est très visible sur les 37 premiers centimètres du profil. La limite inférieure de cet horizon est extrêmement nette et horizontale, des taches de couleur et de textures différentes sont bien visibles, et la couleur brune de l'horizon tranche nettement avec celle de l'horizon se trouvant au-dessous, qui est de couleur gris clair.

Au-dessous de 37 cm, de fines couches sédimentaires sableuses et limoneuses se succèdent. Les couches deviennent de plus en plus sableuses avec la profondeur, jusqu'à la grève alluviale se trouvant à 85 cm depuis le haut du profil. Cette dernière couche est composée de sables grossiers, de graviers et de galets ainsi que de nombreux macrorestes organiques.

Des taches d'oxydation apparaissent dès 21 cm et sont présentes dans tout le profil. Elles sont de plus en plus nombreuses et marquées avec la profondeur. La nappe phréatique n'a pas été atteinte le jour de la description.

5.3.3. P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne

REDUCTISOL TYPIQUE fluviatique
(annexes 3.5 et 3.6)

La plaine entre Agarn et Tourtemagne est une mosaïque de prés maigres de fauche, de pâturages et de cultures céréalières. Le profil se trouve près d'un canal bordé de très vieux saules, à environ 250 m du cours actuel du Rhône et à 400 m d'une suite d'étangs, relique de l'ancien cours du Rhône autour de 1830 (Posse, 1997). Le pré engraisé dans lequel se trouve le profil porte encore les traces d'anciennes meunières, c'est-à-dire de petits canaux d'irrigation (Posse, 1997).

Le profil est profond (164 cm) et composé de nombreuses couches sédimentaires de texture fine ; 49 couches et horizons ont été décrits. La plupart des couches sont limoneuses, celles du haut du profil ayant tendance à être limono-argileuses tandis que celles du bas du profil limono-sableuses, voire sableuses. Les couches sont, pour la plupart, très fines et horizontales, et une grande partie d'entre elles contiennent des macrorestes organiques, surtout au milieu du profil.

Il n'y a aucune trace de labour visible. En revanche, plusieurs horizons de surface présentent une structuration polyédrique. Ils se distinguent entre eux par une discontinuité texturale.

Des taches d'oxydation sont présentes dès 20 cm jusqu'à 158 cm ; elles se superposent à des taches de réduction dès 50 cm. La dernière couche sédimentaire est totalement réduite et présente une couleur gris foncé uniforme. La nappe phréatique se trouve, le jour de la description, au-dessous de la limite supérieure de cette couche.

5.3.4. P5 - La Brèche

FLUVIOSOL TYPIQUE rédoxique

(annexes 3.7 et 3.8)

Le lac de la Brèche est une ancienne gravière remplie par les eaux de la nappe phréatique. Des reliques de forêt alluviale bordent le lac au sud et continuent au sud-est en une mosaïque de forêt, de marais et d'étangs, ce qui forme la réserve naturelle de Poutafontana. Le profil de sol se trouve proche du lac, dans une zone qui, à première vue, n'a pas été touchée par l'activité d'extraction de la carrière. Il se situe dans une forêt de peupliers, de frênes et de bouleaux, entre le chemin pédestre et la rive sud du lac, à environ 220m du cours actuel du Rhône.

Le profil fait 84 cm de profondeur et présente 7 couches distinctes. Celles-ci sont toutes sableuses, avec des différences de taille des particules et de présence dans certaines couches de matériaux grossiers. Après un horizon A de juxtaposition puis un horizon Js contenant un peu de MO et un début de structure grumeleuse, des couches sédimentaires sableuses se succèdent jusqu'à la grève alluviale. Quelques petits cailloux sont présents entre 13 et 48 cm de profondeur. La première couche de la grève est composée de graviers et de sables grossiers, et la deuxième couche de galets, qui présentent une orientation préférentielle formant un dallage très bien imbriqué au fond du profil.

Les taches d'oxydation apparaissent dès 55cm et sont présentes jusqu'à la première couche de la grève. La nappe phréatique n'a pas été atteinte le jour de la description.

5.3.5. P6 - Ferme des Îles, Martigny

FLUVIOSOL TYPIQUE rédoxique, anthropisé, polyphasé, à horizon de surface structuré

(annexes 3.9 et 3.10)

Une carrière d'extraction de sable et de gravier est encore en activité au lieu dit La Ferme des Îles, et de nouveaux terrains sont régulièrement vendus au profit de la gravière. La nappe phréatique remplit les bassins ainsi formés.

Le profil se trouve dans un vieux verger d'abricotiers proche de la limite avec la gravière, à environ 200m du cours actuel du Rhône. C'est un profil très profond puisqu'il atteint 215cm ; 23 couches ont été décrites. De nettes traces de labour sont visibles depuis le haut du profil jusqu'à 115cm de profondeur. Cette couche est subdivisée en plusieurs parties : tout d'abord un mince horizon organo-minéral, suivi par deux horizons présentant un début de structuration polyédrique. Ensuite, de nombreuses couches présentant une texture homogène sont distinctes, mais elles conservent toutes des traces de labour : discontinuité des couches à l'horizontale, nombreuses taches de textures différentes dues au brassage et au mélange des couches sédimentaires et des horizons, et présence de zones ou/taches plus riches en matière organique séparées des horizons organo-minéraux.

En dessous de la limite du labour, des couches de texture très différentes se succèdent : alternance de couches limoneuses et de couches sableuses. Une première couche contenant de la MO est distincte à 164cm de profondeur ; elle

est sableuse et quelques agrégats sont bien visibles. Une deuxième couche, cette fois très riche en MO, se trouve juste au-dessus de la grève alluviale. Elle est noire, feuilletée, et de nombreux macrorestes organiques sont visibles, notamment des restes de bois, de feuilles et de graines. La grève alluviale est composée de galets en majorité, de graviers et de sables grossiers.

Quelques légères taches d'oxydation apparaissent dès 43 cm, mais ne sont pas présentes dans tous les horizons et les couches sédimentaires. Leur nombre et leur intensité augmentent avec la profondeur ; la nappe phréatique n'est pas atteinte le jour de la description.

5.4. Discussion

Sur les 5 profils décrits dans le cadre de cette étude, 3 Références de sol, selon le Référentiel Pédologique (AFES, 1995), sont présentes : 2 FLUVIOSOLS TYPIQUES, 2 REDOXISOLS, et 1 REDUCTISOL TYPIQUE. La diversité au niveau des Références de sols entre ces profils est donc principalement due à la dynamique de l'eau. En effet, le battement de nappe important et le niveau élevé de celle-ci impriment déjà visuellement une différence importante, mais ont également un impact important sur la valeur agronomique du sol et sur la dynamique du fer (AFES, 1995).

L'activité biologique à la surface de ces sols semble assez élevée car les horizons de litière reposent directement sur un horizon organo-minéral, biomacrostructuré dans la plupart des cas. Il n'y a que P5 qui présente un horizon organo-minéral de juxtaposition, donc une activité biologique plus faible. La texture des horizons de surface pourrait fournir un début d'explication. En effet, P5 est le seul profil à avoir une couche de sable grossier à la surface ; les autres profils présentent des couches de texture nettement plus fine, limoneuse dans l'ensemble. Mais la macrostructuration des horizons de surface peut aussi provenir de l'évolution des sols, qui n'est possible que lorsque la sédimentation est très faible ou nulle.

Les différences entre les profils, à part la dynamique de l'eau et l'activité biologique de surface, semble être déterminées par les couches sédimentaires et plus particulièrement par la taille des particules, donc par les caractéristiques qui reflètent la dynamique alluviale. Selon la classification des sols effectuée au chapitre précédent, les profils P4 et P6 font partie du groupe de sols 1, c'est-à-dire des sols caractérisés par une sédimentation régulière dans l'espace et dans le temps (chapitre 4, Fig. 11). Il s'agit de sols ayant évolués depuis longtemps sans sédimentation alluviale. Le profil P1 fait partie du groupe de sols 2, c'est-à-dire un sol caractérisé par un horizon de labour de texture limoneuse, et par la présence d'éléments grossiers. Ces caractéristiques sont typiques de sols fortement perturbés par l'Homme. Le profil P5 fait partie du groupe 3, c'est-à-dire un sol caractérisé par une texture de sables grossiers, et par la présence de matériaux grossiers. Ce sont des sols qui sont généralement jeunes et que l'on retrouve en zone alluviale active ou dans une zone ayant brusquement été séparée du cours d'eau. Le profil P3 fait partie du groupe 5 qui est composé de sols caractérisés par des macrorestes organiques et par une succession de couches

de granulométrie et d'épaisseur variables. Ce sont des sols que l'on trouve en zone alluviale active. Mais cette classification ne semble pas correspondre à la description du profil P3 faite sur le terrain. En effet, les macrorestes, caractéristique déterminante pour le rattachement du profil P3 au groupe 5, ont été enfouis par le labour et ne sont donc pas le témoin d'un horizon organique enfoui ou de restes organiques déposés lors d'une crue. Ce résultat remet en cause la pertinence des macrorestes comme variable pour une classification des sols en zone alluviale, car ces derniers peuvent être enfouis par des processus très différents. Pour finir, aucun profil n'illustre le groupe de sols 4. Les profils ayant été décrits avant de faire les sondages et la classification, il n'est pas étonnant de ne pas illustrer chaque groupe de sol. De plus, aucun profil n'ayant été décrit dans une zone alluviale encore active, il est normal de ne pas retrouver le groupe de sol 4, typique de ces zones.

Le principal impact humain reconnaissable dans ces profils consiste en un labour de profondeur très variable, suivant les sols et la mise en culture. Deux labours peuvent même être combinés dans un seul sol : un labour profond d'1m environ qui permet d'homogénéiser les premières couches du sol (qui peuvent être de texture très hétérogène en plaine alluviale), et un deuxième labour moins profond qui se fait généralement chaque année, avant les semis ou la plantation d'arbres fruitiers. Cette superposition de deux labours est bien visible dans le profil P6 au lieu-dit la Ferme des Îles, et elle est confirmée par l'agriculteur de la parcelle, rencontré lors de l'ouverture de la fosse. Un labour d'une profondeur d'1m15 a été effectué à cet endroit avant la mise en culture d'arbres fruitiers car le terrain était extrêmement hétérogène, avec des zones à tendance sableuse et d'autres à tendance limoneuses, à galets, à graviers, ou à sable fin. Ce labour n'a pas homogénéisé complètement les couches, mais a plutôt retourné le tout en paquets, ce qui laisse des zones de texture homogène dans le premier mètre du profil. Un second labour se superpose au premier, mais seulement sur les 43 premiers centimètres. L'horizon qui en résulte présente une texture mélangée mais beaucoup plus homogène que le premier labour.

La nomenclature de certains horizons et couches sédimentaires dans les sols alluviaux est assez problématique. En effet, les couches sédimentaires constituées de particules minérales fines d'un FLUVIOSOL sont désignés par la lettre « M » par le Référentiel Pédologique (AFES, 1995) ou « C » par certains pédologues (Gobat et Havlicek, 1996 ; Posse, 1997), ainsi que par les auteurs de cette étude. Or la définition des couches « M » désigne des couches de roche meuble ou tendre, non ou peu fragmentée (AFES, 1995), ce qui n'est pas complètement satisfaisant pour des dépôts de particules fines non-cohérentes, donc de structure particulaire. La définition des couches « C » désigne des couches minérales de profondeur ayant subi une fragmentation importante et/ou une altération géochimique (AFES, 1995). Cela semble déjà plus adapté aux dépôts qui nous occupent, mais n'est pas non plus complètement satisfaisant car les dépôts de zone alluviale sont composés de particules minérales provenant de roches altérées qui se trouvent en amont de la zone de sédimentation. La couche « D » du Référentiel Pédologique (AFES, 1995) s'approche également de la réalité de ces dépôts (matériaux fragmentés et ensuite déplacés, non consolidés), mais elle est définie comme une couche où les éléments grossiers (>2mm) dominent. Il n'y a donc aucune référence correspondant exactement aux couches minérales de

profondeur, composées de particules fines et déposées par alluvionnement. Ceci suggérerait la redéfinition des Références actuelles et/ou la création d'une nouvelle Référence pour les couches sédimentaires des zones alluviales.

6. ANALYSE GRANULOMETRIQUE

6.1. Introduction

Les techniques granulométriques seraient utilisées au moins depuis le début du 20^{ème} siècle (Courty et Miskovsky, 2002), et sont devenues des méthodes analytiques classiques de la sédimentologie. Elles sont particulièrement appliquées à l'archéologie (Lumley, 1965 ; Blanc, 1955 ; Debard, 1988) et à la géologie (Cailleux, 1946). Progressivement, leur utilisation a été étendue et adaptée à d'autres domaines, tels que la pédologie. Contrairement à certaines méthodes analytiques, qui peuvent tomber rapidement en désuétude au profit de technologies plus modernes et plus efficaces, celles-ci ont simplement été améliorées, et demeurent toujours largement utilisées.

Selon Foucault et Raoult (2001), la granulométrie est l'«étude de la répartition des éléments d'une roche selon leur taille... On étudie généralement des roches meubles...». D'après Berthois (1958), l'analyse granulométrique est «essentiellement l'étude de la répartition des grains constituant la population d'un ensemble sédimentaire meuble». Cependant la granulométrie n'est pas cantonnée à l'étude des roches, et s'applique parfaitement à celle de sédiments. Le but final d'une analyse granulométrique est d'essayer de comprendre l'environnement contemporain au dépôt d'un sédiment. En effet, qui n'a pas observé le comportement des grains de sable sur des dunes, ou suspendus dans les vagues au bord d'une plage, ou les rochers déplacés par un torrent en crue, ne charriant habituellement que, tout au plus, de petits cailloux? Ces particules grossières ou fines seront tôt ou tard déposées et formeront des sédiments, puis deviendront éventuellement de nouvelles roches, ou seront érodées, transportées et déposées à nouveau (Fig. 12). En contexte alluvial, la réalisation de ces actions dépend des caractéristiques des particules disponibles (Folk et Ward, 1957) et de la masse d'eau mise en œuvre (Campy et Macaire, 2003). Une analyse granulométrique permet d'appréhender localement les conditions physiques du milieu au moment du dépôt, puisque la répartition des particules dépend de la dynamique fluviatile.

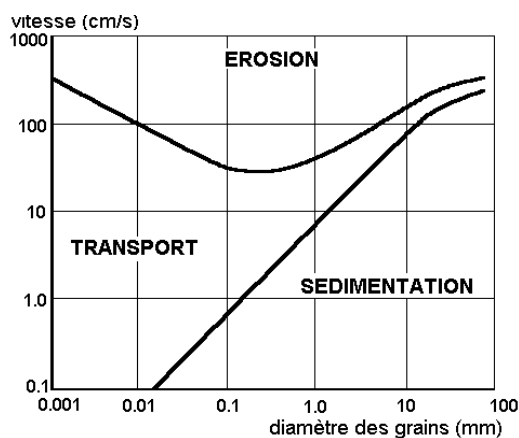


Fig. 12. Le diagramme de Hjulström (dans Campy et Macaire, 2003) délimite les domaines d'érosion, de transport et de sédimentation par l'eau en fonction du diamètre des grains et de la vitesse du courant.

6.2. Matériel et méthodes

En pratique, l'analyse granulométrique consiste à séparer, par tamisage sec ou humide, les particules minérales d'un échantillon issu d'un dépôt sédimentaire, afin de le séparer en différentes fractions. On obtient, en pourcents, la répartition des particules selon leur taille. Diverses dimensions de fractions granulométriques ont été proposées au cours du temps. La plupart des limites fluctuent selon les auteurs, mais certaines, comme celles de 2mm et de 2 μ m par exemple, semblent largement admises. Les limites choisies pour cette étude sont, sauf pour les particules de taille supérieure à 4mm, celles proposées par Chalumeau (2002), sur la base de la classification de Cailleux et Verger (1961) et Wentworth (1926) (Tableau 2). Les limites de classes sont issues d'une progression mathématique de facteur 2, qui permet de faciliter la représentation graphique des résultats (Pettijohn et al., 1973).

Tableau 2. Tableau de comparaison des classifications granulométriques, modifié d'après Chalumeau (2003).

Cailleux		Wentworth		Utilisée pour l'étude	
Taille des particules	Nom	Taille des particules	Nom	Taille des particules	Nom
>20 mm	Galets ou cailloux	>20 mm	Galets ou cailloux	>16 mm 8 à 16 mm 4 à 8 mm	Galets ou cailloux
2 à 20 mm	Gravillons	2 à 20 mm	Graviers	2 à 4 mm	Graviers
200 μm à 2 mm	Sables	63 μm à 2 mm	Sables	1 à 2 mm	Sables grossiers
20 à 200 μm	Sablons			500 μm à 1 mm	Sables moyens
		250 à 500 μm	Sables fins		
2 à 20 μm	Limons	2 à 63 μm	Limons	125 à 250 μm	Limons grossiers
				63 à 125 μm	
0 à 2 μm	Précolloïdes	0 à 2 μm	Argiles	32 à 63 μm	Limons fins
				16 à 32 μm	
0 à 2 μm	Précolloïdes	0 à 2 μm	Argiles	8 à 16 μm	Argiles fines
				4 à 8 μm	
0 à 2 μm	Précolloïdes	0 à 2 μm	Argiles	2 à 4 μm	Argiles fines
				1 à 2 μm	
0 à 2 μm	Précolloïdes	0 à 2 μm	Argiles	0 à 1 μm	Argiles fines
				0 à 1 μm	

Comme expliqué au chapitre 5, un échantillon a été récolté dans chacun des dépôts sédimentaires qui composent les fosses creusées. Tous ont été traités par analyse granulométrique.

La méthode choisie est le tamisage humide. Le protocole de laboratoire utilisé dans cette étude a été élaboré sur la base du précédent protocole utilisé à l'Institut de géologie de l'Université de Neuchâtel (Chalumeau, 2003). Des additions et des modifications de paragraphes ont été apportées au protocole initial, en raison de la présence parfois prépondérante, dans les échantillons, d'éléments dont la taille

dépasse 20mm. N'ayant pas d'éléments d'une telle taille dans son étude, Chalumeau (2003) n'avait pas abordé ce problème. Aussi, ce protocole modifié est-il disponible en annexe 4.1.

6.2.1. Echantillonnage

Dans le but d'obtenir des résultats statistiquement fiables, les analyses granulométriques doivent en premier lieu être précédées, sur le terrain, d'un échantillonnage qui, qualitativement et quantitativement (Verger, 1976), tienne compte des besoins de la méthode.

La qualité de l'échantillonnage dépend principalement des conditions météorologiques, de la configuration de la zone d'étude, et de la personne effectuant les prélèvements. Les deux premiers facteurs sont difficiles, voire impossible à contrôler ou à modifier. Par contre, en suivant une méthode précise et prédéfinie, le facteur humain peut être minimisé, surtout si plusieurs personnes sont impliquées lors de cette étape.

La quantité d'échantillon à prélever est influencée par la granulométrie maximale du sédiment à étudier. Plus un sédiment est fin, moins il en faut pour pouvoir effectuer une granulométrie statistiquement représentative, car le nombre de particules y incluses augmente exponentiellement avec la diminution de la taille des particules. Par exemple 50g ou plus de prélèvement sont nécessaires pour un sédiment très sableux, alors que 10g suffisent pour un sédiment argileux fin.

Dans le but d'optimiser la quantité de matériel à prélever sur le terrain et à traiter ensuite en laboratoire, la courbe suivante a été utilisée :

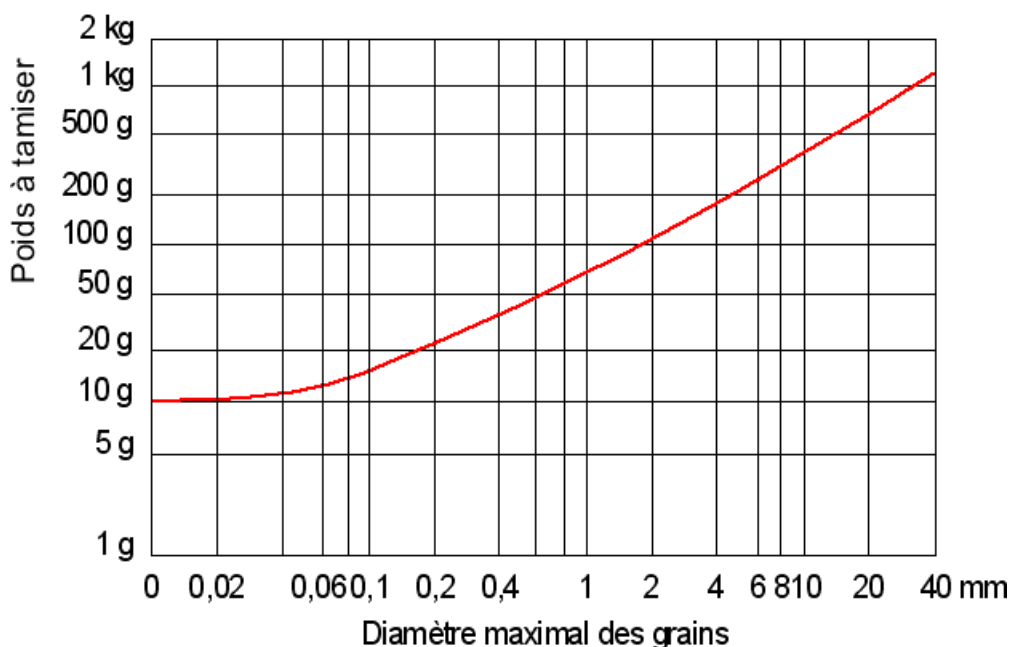


Fig. 13. Graphique de la masse à tamiser en fonction du diamètre maximal des grains (Chalumeau, 2003).

6.2.2. Préparation des échantillons

Au laboratoire, les techniques granulométriques ne sont pas directement applicables aux sédiments bruts récoltés. Il faut donc les préparer afin d'isoler les particules détritiques insolubles en éliminant les autres composantes des échantillons prélevés.

Les échantillons sont tout d'abord séchés. Un premier tamisage à sec à 2mm est effectué, en raison de la présence de quantités substantielles de particules grossières cristallines et/ou carbonatées. Dans certaines études, nul n'est besoin de passer par cette étape. Mais, dans le cas des zones alluviales, il est rare de pouvoir la supprimer. La limite de tamisage a été choisie à 2mm, car elle correspond à une limite respectée en géologie et en pédologie (AFES, 1995 ; Gobat et al., 2003), mais également à la limite qui permet de discerner à l'oeil nu les fractions carbonatées de celles non carbonatées. Il serait illogique, pour la suite de l'analyse, de décarbonater les éléments grossiers. Les fractions grossières, soit de taille supérieure à 2mm, subissent un traitement simplifié. Les fractions de taille inférieure à 2mm subissent un traitement granulométrique complet classique, qui consiste à supprimer les liens physiques et chimiques entre les particules, afin d'obtenir des particules élémentaires libres que l'on peut tamiser.

6.2.3. Analyse des fractions grossières

Les particules grossières sont séparées des particules fines par tamisage à sec, et les éléments biologiques, comme les racines, sont éliminés. Les particules grossières sont divisées en 4 fractions (Tableau 2). Dans chaque fraction, les grains sont séparés en fonction de leur minéralogie (carbonatée ou non). Les deux familles de grains de chaque fraction sont ensuite pesées et stockées pour d'autres analyses éventuelles.

6.2.4. Analyse des fractions fines

Les liens physiques et chimiques entre les particules fines sont en principe le fait de carbonates (ciments), de la matière organique (Verger, 1976) et des propriétés physiques des argiles granulométriques (Gobat et al., 2003). Trois phases de dissociation doivent être exécutées avant de pouvoir procéder au tamisage humide.

Les carbonates sont dissous en premier (Rivière, 1977), grâce à l'ajout de HCl. Ensuite, les matières organiques sont éliminées par une attaque à l'eau oxygénée. L'action de l'eau oxygénée se traduit par la formation de mousse due au dégagement de dioxyde de carbone. Les échantillons sont à nouveau séchés et pesés. La différence de masse obtenue avec l'échantillon pesé au départ donne une indication sur la perte en carbonates et en matière organique de l'échantillon. Une analyse au RockEval est cependant nécessaire pour connaître le taux précis et la maturation de la matière organique de l'échantillon (chapitre 7). Les échantillons sont réhydratés et mis en suspension par agitation. Une solution

permet de disperser et défloculer les argiles granulométriques^a. La suspension est alors prête à être tamisée.

Le tamisage nécessite l'emploi de tamis et d'une vibreuse permettant de séparer les fractions dont la taille est comprise entre 2mm et 63 μ m. Les tamis de maille 63 μ m, 125 μ m, 250 μ m, 500 μ m, et 1mm sont emboîtés et forment ainsi une colonne de taille de maille croissante de bas en haut. Un bac permet de récupérer les particules fines qui traversent la colonne de tamis (Fig. 14). A la fin de l'opération, les fractions de chaque tamis sont récupérées, séchées, pesées et conservées pour d'éventuelles analyses ultérieures.

Les particules ayant franchi le dernier tamis se trouvent dans le bac. Une partie en est prélevée afin de les analyser par un système de laser appelé Oriel. Ce système mesure la concentration des particules de la solution obtenue pour les fractions granulométriques inférieures à 63 μ m.



Fig. 14. De gauche à droite : Tamis, tamis et vibreuse (deux photographies), bac de récupération.

6.2.5. Traitement des résultats

Le résultat de l'analyse d'un sédiment est exprimé par la valeur de chaque fraction granulométrique en pourcents (annexe 4.2). A la fin de l'analyse, l'addition des valeurs de toutes les fractions d'un même échantillon est en principe inférieure à cent pourcents, car des pertes se produisent lors des manipulations. Mais pour créer les courbes et les diagrammes, la somme des fractions de chaque échantillon est recalculée pour être toujours égale à cent pourcents.

Il est possible, à ce stade, d'esquisser des courbes granulométriques (sur 16 intervalles), mais non d'en calculer les indices granulométriques. Or, les courbes

^a Il est important de distinguer les argiles granulométriques (taille) des argiles minéralogiques (composition). Les argiles granulométriques, soit la fraction inférieure à 2 μ m, sont formées en majeure partie d'argiles minéralogiques... A l'inverse, de grandes argiles minéralogiques dépassent 2 μ m se retrouvent dans la fraction granulométrique limoneuse. Les argiles minéralogiques sont des minéraux constitués de feuillets à couches de silice ou d'alumine ; elles sont rattachées aux phyllosilicates et analogues à des micas, mais de taille beaucoup plus faible. Définition modifiée d'après Gobat et al. (2003).

doivent être lissées (sur 100 intervalles), et les valeurs des indices calculées, car elles sont indispensables à l'analyse des résultats. Les données sont donc introduites dans Matlab® (version 7.4), un logiciel mathématique puissant, pour être traitées (annexe 4.3), et finalement représentées graphiquement de manière satisfaisante (annexes 4.4 à 4.8).

6.2.6. Indices granulométriques

En raison du type de données à disposition, les indices de la kurtose, de la médiane, de la moyenne, du skewness et du sorting sont calculés (Pettijohn et al., 1973). L'indice de bimodalité ne l'est pas, car les dépôts sédimentaires étudiés présentent dans leur grande majorité un mode de sédimentation unique (un seul pic sur la courbe des fréquences relatives).

Le mode, la moyenne et la médiane sont des indicateurs de position, exprimés dans ce cas en unité phi. Ils caractérisent la tendance centrale de la courbe des fréquences relatives, et reflètent l'énergie cinétique moyenne du dépôt. Pour ces échantillons, le mode équivaut à la taille des particules sur l'axe x, lorsque la quantité sur l'axe y atteint la valeur maximale. La moyenne, sensible aux valeurs extrêmes, est calculée sur le même principe que celle qui sert au calcul des moyennes scolaires. Elle pourrait permettre d'expliquer certains cas particuliers. La médiane, très fortement corrélée à la moyenne, est la valeur (sur phi) pour laquelle la fréquence cumulée est égale à 50%. La médiane est l'indicateur de position le plus intéressant pour l'analyse des résultats de cette étude.

La kurtose, le sorting et le skewness sont des indicateurs de dispersion. La kurtose est le coefficient d'aplatissement d'une courbe, exprimée sans unité. Elle témoigne de la concentration ou de la dispersion du mode et, en conséquence, si les particules sont bien triées ou non. Le sorting est un indice de tri, exprimé ici en unité phi. Il représente la dispersion des diamètres par rapport à la moyenne de l'échantillon (Martignier, 2007). La kurtose et le skewness sont assez complémentaires. Le skewness, sans unité, mesure l'asymétrie de la courbe en comparaison à une distribution gaussienne, qui par définition est parfaitement symétrique et dont le skewness vaut 0.

La signification et le mode de calcul de chaque indice, ainsi que les valeurs obtenues pour chaque échantillon, sont disponibles en annexes 4.9 et 4.10.

6.2.7. Représentations graphiques simples

Les courbes granulométriques (annexes 4.4 à 4.8) et les indices donnent de bons renseignements sur les sédiments individuels, mais il serait bien de disposer d'une représentation globale au niveau du profil. Les diagrammes ternaires des textures, proposent une visualisation permettant de mettre en évidence les textures de l'ensemble d'un profil (annexe 4.12). Pourtant ces graphiques présentent une lisibilité insuffisante pour les sols étudiés. Les mêmes données (annexe 4.13 à 4.17) que celles utilisées pour construire les diagrammes ternaires des textures sont reportées sur un nouveau graphique. Celui-ci représente l'évolution des textures en fonction de la profondeur. Conjointement, un graphique de l'évolution des particules grossières le long du profil permet de visualiser le profil de manière satisfaisante, et dans son ensemble (annexe 4.13 à 4.17).

6.2.8. Représentations graphiques complexes

Le succès de la représentation des textures en fonction de la profondeur a abouti à la réalisation de psdplots, selon la méthode de Beierle (2002). Le principe de cette méthode, plus précise et complète que la représentation des textures, est de dessiner précisément la distribution des particules en fonction de leur taille et de la profondeur. Elle met en évidence, contrairement aux textures, les répartitions complexes des particules, comme les distributions polymodales. Les processus et conditions de dépôt et leurs variations y apparaissent plus clairement, et ouvrent la voie à une interprétation plus complète.

Un psdplot possède la taille des particules sur son axe x (selon ϕ), la profondeur du profil sur l'axe y, et la fréquence simple des particules sur son axe z. Ce mode de représentation est fondé sur le même principe que celui des courbes à niveau. Le détail des opérations nécessaires pour la réalisation d'un psdplot dans Matlab® est décrit dans l'annexe 4.3.

6.3. Résultats

Dans tous les profils, la présence d'argile s'est avérée très réduite. Sur l'ensemble des échantillons, le taux d'argile le plus important décelé atteint seulement 3.5%.

D'autre part, en présentant en parallèle les graphiques d'évolution des textures et celui d'évolution des particules grossières en fonction de la profondeur, on remarque que la présence ou l'absence de particules grossières ne semble pas affecter les valeurs des textures. L'ensemble des annexes relatives aux résultats de ce chapitre est disponible dans le livret joint, sous l'annexe 4.

6.3.1. Profil P1

Le profil P1 présente 9 couches réparties sur 114cm.

La médiane présente, entre les échantillons, des variations de presque 6 pas sur l'échelle ϕ (3.94 à -1.87 ϕ), ce qui correspond à des tailles médianes de particules, variant de manière assez spectaculaire (63 μ m à 4mm, de sables fins à graviers). La médiane correspondant à la grève alluviale atteint alors la valeur la plus basse du profil (-1.87 ϕ , entre 2 et 4mm, graviers). Excepté pour la grève (-0.64 ϕ , soit 1 à 2mm, sables grossiers), la moyenne suit logiquement la médiane. La kurtose montre dans le profil des valeurs moyennes, comprises entre 0.65 et 1.40. Les courbes sont en général mésokurtiques et peu régulières dans leur dessin. Les grains sont moyennement à très mal classés (sorting de 0.82 à 2.48 ϕ) et l'asymétrie tend vers les petites tailles (sauf P1-LCg1, symétrique).

A l'échelle du profil, le diagramme ternaire des textures dévoile une dominance du sable (texture sableuse), mais dans la moitié des dépôts (4/8), le sable est partiellement mélangé à des limons (texture sablo-limoneuse à limono-sableuse). L'évolution de la texture en fonction de la profondeur montre un profil assez homogène, mais présentant de larges épisodes de sédimentation différente, en six phases et deux types de sédimentation (sableuse et sablo-limoneuse). Le psdplot montre les mêmes caractéristiques et le même nombre d'accidents, mais

également un changement progressif du bas vers le haut du profil, d'un mode de sédimentation mélangé mais assez fin, aux alentours de 3 ϕ (125 μ m, entre sables fins et moyens), vers une sédimentation légèrement plus grossière, en moyenne vers 1 ϕ (500 μ m, sables moyens). Les dépôts de 0 à 40cm et de 55 à 40cm de profondeur, ont des qualités très proches et pourraient bien résulter d'un même épisode de crue. Du point de vue granulométrique, la 9^{ème} couche décrite, située tout en haut du profil, est apparentée à la couche inférieure. Elle bénéficie seulement d'un enrichissement en matériaux fins, qui serait provoqué par l'action de la faune. C'est la pédogenèse qui nous oblige à la distinguer de l'horizon inférieur. Une tendance à l'épaississement des dépôts apparaît donc vers le haut du profil (dernier dépôt épais de 40cm à 55cm).

En résumé, le profil P1 est divisé en deux parties : l'une de 114 à 55cm (4 dépôts), et l'autre de 55 à 0cm (1 dépôt). A part un épaississement vers le haut, il a enregistré (la grève exclue) 5 épisodes de sédimentation successifs, répartis en une alternance selon deux modes : sablo-limoneux et sableux. On remarque une très légère tendance à l'augmentation de la taille des particules au cours des dépôts.

6.3.2. Profil P3

Le profil P3 est profond de seulement 95cm, avec 13 couches successives.

Sur l'ensemble des échantillons, la médiane présente des variations de 4.65 à 1.67 ϕ , soit approximativement de 32 à 500 μ m (3 pas sur l'échelle, de limons grossiers à sables moyens), ce qui est largement inférieur aux valeurs de P1 (6 pas sur l'échelle, de sables fins à graviers). La médiane de la grève a, étonnamment, une valeur positive de 3.38 ϕ (entre 63 à 125 μ m, sables fins), alors qu'on s'attend à ce qu'elle soit négative. La moyenne possède elle aussi une valeur étonnante de 1.78 ϕ (250 μ m, sables moyens), très éloignée de la médiane. Les courbes sont leptokurtiques à très leptokurtiques (1.13 à 2.52), sauf P3-Lg (0.75) et la grève (0.61), très platykurtiques. Le tri des grains est moyen à médiocre (sorting de 1.98 à 0.83 ϕ), excepté pour la grève (3.85 ϕ) qui est très mal classés. Les tailles sont assez symétriques jusqu'à 51.5cm, puis asymétriques à très asymétriques vers les petites tailles au centre du profil, et respectivement asymétrique et très asymétrique vers les grandes tailles pour le dépôt situé sus-jacent à la grève.

Trois groupes dominants apparaissent dans le diagramme ternaire des textures, le premier comprenant 70 à 100% de sable (sableux à sablo-limoneux), le second 30% de sable et 70% de limons (limoneux fin), et le dernier 10% de sable et 90% de limons (limoneux très fin). L'évolution de la texture en fonction de la profondeur montre un profil séparé en deux parties (excepté la grève). Le fond (de 95 à 40cm) présente une sédimentation chaotique mais fine, avec 7 dépôts distincts. Très différent, le haut du profil (de 40 à 0cm) a une sédimentation nettement sableuse et beaucoup plus homogène, qui semble être un unique épisode sédimentaire. Le psdplot montre le même nombre de dépôts et la même coupure à 40cm de profondeur, avec un mode sédimentaire entre 4 et 3 ϕ (63 et 125 μ m, sables fins) au fond, qui passe à 1 ϕ (500 μ m, sables moyens) dans la partie supérieure.

P3 a enregistré au moins 8 incidents sédimentaires, divisés en deux parties : de 95 à 40cm (7 occurrences), et de 40 à 0cm (1 occurrence). On note deux tendances : l'épaississement des dépôts homogénéisés récents et l'augmentation de la taille des particules vers le haut du profil.

6.3.3. Profil P4

La succession des 50 couches de P4 est répartie sur seulement 164cm de profondeur.

Dans ce profil, homogène comparativement aux autres profils, la valeur des médianes du profil varie entre 4.93 et 1.36 ϕ , soit respectivement 32 et 500 μ m environ (de limons grossiers à sables moyens). La valeur des médianes des dépôts du fond du profil (de 164 à 56.5cm) est extrêmement stable, variant entre 5 et 4 ϕ (32 et 63 μ m, limons grossiers), excepté deux accidents à 3.82 et 3.64 ϕ (entre 63 et 125 μ m, sables fins). Au-dessus de 56.5cm, la valeur des médianes varie de manière plus importante, entre 4.53 et 1.36 ϕ (32 et 500 μ m environ). La moyenne suit de très près la médiane tout au long du profil. Il est important de remarquer l'absence de la grève alluviale à cet endroit. Les courbes sont en grande majorité leptokurtiques (36/49). Quelques unes, concentrées principalement entre 108.5 et 86cm de profondeur, sont mésokurtiques, et trois autres sont très leptokurtiques. Le classement des sédiments est principalement médiocre (27 échantillons) et moyen (20 échantillons). Une série moyennement triée se détache entre 101.5 et 43.5cm. L'asymétrie vers les petites tailles domine tout le profil (35/39). Une asymétrie vers les grandes tailles apparaît dans les deux échantillons du fond du profil, et une série symétrique entre 43.5 et 20cm.

Les textures de ce profil proposent toute la gamme comprise entre le pôle des sables et celui des limons, mais un groupe plus important en nombre se distingue tout de même comme limoneux fin. L'évolution de la texture en fonction de la profondeur et le psdplot montrent un profil séparé en trois parties. La première, le fond, entre 164 et 90cm, présente un mode très stable de 4 ϕ (63 μ m, entre limons grossiers et sables fins), une sédimentation fine et des dépôts d'épaisseur moyenne. La parcelle médiane a des caractéristiques identiques, mais un mode fluctuant entre 4 et 2 ϕ (63 et 250 μ m, de sables fins à sables moyens) en direction des plus grosses particules, et une épaisseur moyenne des dépôts bien plus faible, certains atteignant à peine 0.5cm. La dernière, entre 40 et 0cm, a une sédimentation nettement sableuse et à nouveau une épaisseur de dépôt moyenne, et un net changement des modes. Ils passent progressivement de 1 à 3 ϕ (500 à 125 μ m, dans les sables moyens) entre 40 et 0cm. Cette dernière partie est homogène, et pourrait éventuellement être attribuée à une seule crue, mais en représente probablement trois.

En résumé, le profil P4 est divisé en trois parties. Une première de 164 à 90cm (au moins cinq dépôts limoneux fins d'épaisseur moyenne), une deuxième de 90 à 40cm (plusieurs dizaines d'événements limoneux fins de faible épaisseur), et une dernière de 40 à 0cm (un à trois sédimentations sablo-limoneuses d'épaisseur moyenne).

6.3.4. Profil P5

Le profil P5 est celui qui présente le plus petit nombre de dépôts, seulement 7, mais sur une profondeur de 84cm (contre 13 en 95cm pour P3, et 50 en 164cm pour P4).

Ici, les indices granulométriques montrent un comportement différent de l'ensemble des autres prélèvements. La médiane et la moyenne, qui sont d'ordinaire très proches sauf dans le cas de la grève alluviale, voient leurs valeurs différer aussi dans des dépôts à l'intérieur du profil, particulièrement pour les deux dépôts entre 47 à 35cm (médiane = 2.24ϕ et moyenne = 0.53ϕ , sables moyens) et 35 à 13cm (médiane = 1.29ϕ et moyenne = 0.61ϕ , sables moyens). La kurtose met en évidence une anomalie entre 84 et 47cm avec, successivement, une valeur très leptokurtique (1.78), une valeur très platykurtique (0.63) et deux valeurs mésokurtiques (1.01 et 0.99). Les grains sont très mal (entre 2.62 et 3.33 ϕ) et médiocrement (entre 1.69 et 1.85 ϕ) classés. L'asymétrie tend vers les grandes tailles, à l'exception de la grève qui montre une forte asymétrie vers les petites tailles.

Ce profil a des caractéristiques particulières. Pour les particules dont la taille est inférieure à 2mm, tous les échantillons sont composés de sable à plus de 80%, le reste de limons. Des éléments grossiers sont présents presque tout le long du profil. La dominance du sable est évidente dans le diagramme ternaire des textures, ainsi que sur le graphique de l'évolution de la texture en fonction de la profondeur. Aucun accident ne trouble le tri des particules, et ce profil est le plus typé de ceux qui ont été décrits jusqu'à présent. Le psdplot confirme ces observations et montre, de plus, un changement dans le mode de sédimentation, passant de 2 à 0 ϕ (de 250 μ m à 1mm, à l'intérieur des sables moyens) entre le bas et le haut du profil. Il indique aussi une zone directement au-dessus de la grève, qui ne contient pas de particules très grossières (entre 75 et 50cm).

Le profil P5 est donc un profil particulier, à l'intérieur duquel aucun dépôt ne se distingue très clairement (excepté la grève). Ses grains sont très majoritairement sableux, mais des sables très mal triés. À l'aide des graphiques, on peut conclure que ce profil est composé de deux événements sédimentaires majeurs. Le premier, directement au contact de la grève alluviale et jusqu'à 50cm, et un second qui s'étend ensuite jusqu'à la surface.

6.3.5. Profil P6

Le dernier profil atteint une profondeur de 2m et présente, en tout et pour tout, 23 dépôts.

La médiane des courbes granulométriques présente la variation la plus extrême de l'étude, de 5.66 à -3.01 ϕ (de presque 16 μ m à 8mm, de limons grossiers à cailloux). La moyenne correspond à la médiane, excepté, comme attendu, pour la grève. Les courbes leptokurtiques dominent ce profil (16/23). Le fond du profil (jusqu'à 152cm) présente une tendance aux courbes plus platykurtiques. Les particules sont médiocrement triées dans la très grande majorité des dépôts (20/23). La grève est considérée comme très mal triée. Plus de 50% des prélèvements ont une asymétrie vers les petites tailles, et seulement deux, au

centre du profil (entre 129 et 115cm), présentent une asymétrie vers les grandes tailles.

Le diagramme ternaire des textures, comme pour P4, indique une large variation de la taille des particules sur l'ensemble des échantillons, entre les sables et les limons. Trois groupes sont distincts : un groupe sableux à sablo-limoneux, un limono-sableux à limoneux fin, et le dernier limoneux fin. Au moins 13 changements dans la sédimentation apparaissent sur le diagramme de l'évolution de la texture en fonction de la profondeur, mais 11 au moins sur le psdplot. Des dépôts qui semblent distincts sur le premier graphique peuvent être parfois interprétés comme un unique événement sur le psdplot. Sur le psdplot la partie inférieure du profil (200 à 95cm) montre un mode sédimentaire relativement stable, compris entre 4ϕ et 2ϕ (63 et 250 μ m), avec 4 à 6 dépôts selon l'interprétation. Dans sa partie supérieure (95 à 0cm environ), le mode s'étend plus largement, de 4ϕ à 1ϕ (63 et 500 μ m), avec une tendance à l'épaississement des dépôts. Ces derniers y sont bien plus distincts dans la partie inférieure du profil.

Pour conclure, le profil P6 est divisé en deux parties majeures : de 200 à 95cm, et de 95 à 0cm. La sédimentation des deux parties montre des signes de changements, mais la taille des particules reste stable tout le long du profil et l'épaisseur de dépôts stable à un peu plus importante, selon la distinction entre les couches effectuée entre 200 et 95cm.

6.3.6. Comparaison entre profils

Les profils P1, P3 et P4 sont proches pour certains paramètres, mais P1 a une granulométrie générale plus grossière, et montre une tendance moins importante dans l'augmentation de la taille des particules sur sa partie supérieure. P3 et P4 sont les plus similaires. P5 ne peut être comparé globalement aux autres profils, car il est tout à fait particulier, mais présente logiquement des similitudes avec les dépôts de surface de P1 et P2, qui sont des dépôts de granulométrie à peu près similaire (entre 2ϕ et 0ϕ , sables moyens) et d'épaisseur importante (respectivement 55 à 0cm, 40 à 0cm et 84 à 0cm). P6 est lui aussi différent de tous les autres, mais apparaît plus proche de P1, même s'il est de granulométrie légèrement plus fine.

6.4. Discussion

Avant de commencer l'interprétation des résultats, il est important de rappeler quelques notions de sédimentologie. Cette étude porte sur des sédiments qui ont été altérés, puis détachés de leur formation géologique d'origine, et transportés par le biais de rivières jusque dans le fleuve, et finalement déposés lorsque la vitesse du courant décroît (Fig. 15).

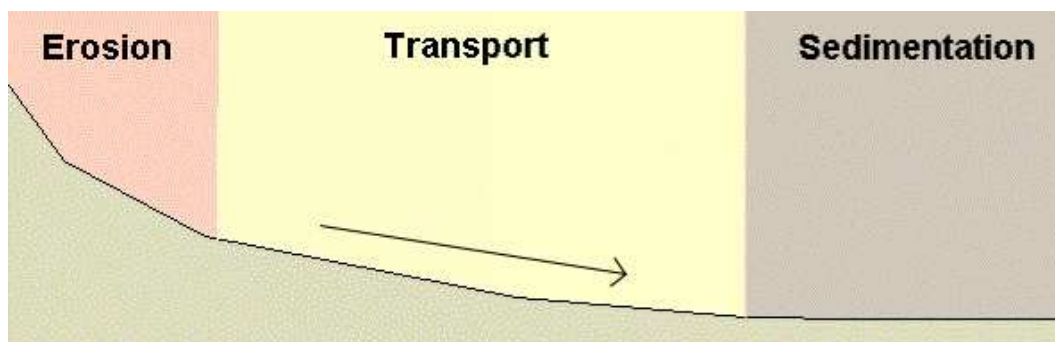


Fig. 15. Schéma de l'influence d'un cours d'eau sur la dynamique des particules, en fonction de la pente (Heim, 2000).

Les cours d'eau transfèrent les particules vers l'aval sous trois formes (Campy et Macaire, 2003), dont le cumul est appelé la charge solide du flux :

- o la charge de fond (particules de taille supérieure à 0,5mm), dont le déplacement s'effectue principalement par traction et saltation,
- o les matières en suspension (particules de diamètre compris entre 0.5µm et 0.5mm), qui représentent 90% ou plus de la charge en crue, mais sont presque absentes du flux en période d'étiage,
- o la charge dissoute, composée d'ions et des particules de taille inférieure à 0.5µm, qui précipitent très peu.

Historiquement, Wild (1800) est le premier à fournir une description complète le long de la plaine du Rhône. De Brigue à Loèche, la vallée est décrite comme une vaste étendue de terres incultes et surtout de marécages, tantôt sous l'influence de sources et tantôt du Rhône, et fréquemment inondée. Quelques prairies et quelques champs s'insèrent dans sa description, notamment à Rarogne et aux alentours de Tourtemagne. De Loèche à Sierre, le Rhône inonde presque toute la plaine. Entre Sierre et Bramois règnent les pierres, les aulnes (arbre typique des zones alluviales actives) et les marécages, et le fleuve ensuite ravage la plaine jusqu'à la Borgne. Dans cette zone, le fleuve semble suivre un schéma différent, possédant plusieurs lits, divaguant à sa guise et occupant la plaine sans l'inonder complètement. A nouveau, depuis Sion, le Rhône transforme la vallée en un grand marécage jusqu'à St-Pierre de Clages, à mi-chemin de Martigny. Puis, de là à Martigny, la plaine d'inondation est déjà partiellement aménagée par l'Homme, mais encore marécageuse. Elle se rétrécit, modifiant la morphologie du lit du Rhône.

Cette description peut sembler relativement nostalgique aujourd'hui, mais quoi qu'il en soit, elle met en évidence les caractéristiques majeures de la plaine entre Brigue et Martigny. Les eaux du fleuve sortaient alors régulièrement du chenal principal du fleuve. Le long de la vallée, la morphologie de la plaine change souvent, faisant alterner des zones plates et régulières (plaines d'inondations), et des zones basses (bassins d'inondation) isolées du chenal et touchées lors de fortes crues. La force du courant n'est pas la même dans ces deux types de zones. Dans les plaines d'inondation, les dépôts se produisent lors de la décrue, et sont d'épaisseur centimétriques à décimétriques, composés de sables moyens à fins, puis de limons et d'argiles (totalité des matières en suspension). Dans les bassins

d'inondation, ce sont surtout les limons et les argiles qui sont représentés, les argiles pouvant décanter (Campy et Macaire, 2003).

Le Rhône vit, encore aujourd'hui, au rythme de l'alternance des hautes eaux estivales et de la période d'étiage, ou basses eaux. Situé en région tempérée, le fleuve charrie tout au long de l'année la même proportion de matière en suspension, malgré la variation saisonnière de son débit.

Les caractéristiques de chaque profil ont été mises en évidence dans la partie résultats de ce chapitre, grâce à la caractérisation précise des particularités de chaque dépôt. A partir de ces descriptions, les résultats sont discutés principalement par profil. L'intérêt des résultats ne se situe pas dans la valeur absolue des indices granulométriques, mais dans les tendances générales qui s'en dégagent.

L'absence quasi générale d'argiles dans les profils s'explique par la position de la zone d'étude sur le tronçon moyen du fleuve. Elle correspond à une situation en piémont ou en plaine, et à un cours d'eau avec peu de chenaux, voire un seul. En théorie, la charge dissoute, catégorie à laquelle appartiennent les argiles (Campy et Macaire, 2003), atteint en presque totalité le domaine marin. En pratique, il est possible de postuler que l'absence d'argiles est la conséquence de la non disponibilité de particules de cette taille. L'érosion et l'altération ne seraient pas assez avancées pour en fournir au système. Cependant, les caractéristiques du système fluvial peuvent simplement être à l'origine de l'absence de dépôts argileux. Les prochains chapitres permettront peut-être de choisir une hypothèse plutôt qu'une autre.

Tous les profils, excepté P5, ne présentent, en dehors de la grève, pas ou très peu d'éléments de taille supérieure à deux millimètres. Les dépôts de P4 (limoneux) sont formés surtout de matières transportées en suspension, alors que P1 (sableux), P3 et P6 (sableux et limoneux) montrent en plus la présence de charge de fond de taille réduite (0.5 à 2mm). P5 (sableux) par contre est composé, et même largement dominé, par un dépôt de charge de fond.

On peut observer, en général sur les psdplot, des modes sédimentaires qui varient peu dans la partie inférieure des profils, puis une tendance assez nette à un changement de mode de sédimentation vers les grandes particules. De plus, les psdplots des 5 profils présentent un épaississement des dépôts dans la partie supérieure des profils. Ces observations ne peuvent être expliquées à ce stade. La tendance accidentelle et vers les grandes tailles est cependant moins marquée pour P1, et le faible nombre de couches de P5 demande de la prudence dans l'interprétation de leur épaisseur en surface. Des hypothèses peuvent malgré tout être avancées, et devront être réexaminées à la lueur des résultats des autres chapitres. Ces changements pourraient être la conséquence :

- o de l'endiguement du fleuve (crues moins fréquentes mais plus importantes, impliquant une énergie plus grande),
- o du labour (qui homogénéise les dépôts de surface),
- o du vent qui emporte facilement les particules limoneuses en surface, et qui, combiné avec le labour, conduit à l'appauvrissement des sols en fractions fines,

- o de changements pluviométriques entraînant une variation dans la vitesse d'érosion des pentes, du temps de transfert des grains jusqu'au fleuve, et donc un changement dans la taille des particules disponibles,
- o des variations importantes de la couverture végétale provoquées par l'Homme,
- o d'autres facteurs qui n'ont pas encore été mis en évidence...

Le profil P5 est tout à fait particulier dans cette étude, car il ne ressemble à aucun des autres. Ses courbes granulométriques prennent des formes étonnantes, et l'ensemble du profil a une homogénéité unique. Si on prend en compte l'argument de Folk et Ward (1957) qui dit que le tri des sables est moins bon s'il a été soumis à un épisode bref de transport massif, il est raisonnable d'en déduire qu'il s'agit de deux dépôts sédimentaires successifs, directement au-dessus de la grève. Mais la position géographique du profil à proximité immédiate d'une ancienne gravière tend à orienter l'interprétation vers une cause anthropique de formation de ce profil. Sa partie inférieure, jusqu'à 70cm serait issue de dépôts fluviaux, et sa partie supérieure serait issue d'un transfert de matériel excavé à proximité. Cependant l'hypothèse d'un colluvionnement naturel ne doit pas être complètement écartée.

L'analyse granulométrique des séries sédimentaires a fourni de précieuses informations sur la dynamique de leur mise en place, ainsi que des pistes pour l'interprétation et la reconstitution du milieu. Mais d'autres analyses doivent compléter celle-ci afin de pouvoir affiner les hypothèses proposées.

7. ANALYSES DE LA MATIERE ORGANIQUE

7.1. Introduction

L'évolution des sols est possible lors d'une période de stabilité, c'est-à-dire une période sans nouvelle sédimentation alluviale. Suite à la colonisation par la végétation, de la litière s'accumule à la surface du sol, ce qui permet à la faune et à la microflore de se développer. La faune du sol s'attaque à la litière en la fragmentant en parties de plus en plus petites. L'activité de ces organismes conduit ensuite à la transformation de la matière organique (MO), qui consiste principalement en trois voies : la minéralisation, l'humification, et l'assimilation par les organismes (Gobat et al., 2003). Il en résulte, selon les conditions climatiques et les conditions physico-chimiques du sol, un accroissement de MO à la surface et une structuration de celle-ci en agrégats de stabilité variable. La minéralisation consiste en une transformation de la MO en composés minéraux solubles ou gazeux, et l'humification consiste en une formation de nouvelles molécules de plus en plus complexes qui forment l'humus, au sens strict du terme (Duchaufour, 1995 ; Gobat et al., 2003). La MO n'a pas la même composition selon l'activité biologique des sols et selon la composition des organismes responsables de cette activité. En effet, si les conditions physico-chimiques du sol sont favorables, la faune conduit à la fragmentation, à l'enfouissement, au brassage et à la transformation très rapide de la MO (Gobat et al., 2003). Dans ce cas, le turnover, ou renouvellement de l'humus, est qualifié de rapide (Duchaufour, 1995).

D'après Pautou (1984) et Fierz et al. (1995), la MO est un bon indicateur de l'évolution des sols jeunes, ce qui est particulièrement intéressant en zones alluviales. La description et la quantification de sa maturation, de sa fragmentation, et du stock de carbone organique (Corg) semblent de bons indicateurs pour décrire la dynamique des sols et le milieu dans lequel se trouvent les horizons étudiés (Balesdent et al., 1998 ; Bruckert, 1994 ; Fierz et al., 1995 ; Wigginton et al., 2000).

7.2. Matériel et méthodes

7.2.1. Préparation des échantillons

Les échantillons de sol sont séchés à l'air puis tamisés à 2mm. Soit PT (g) la masse de l'échantillon de sol séché à l'air, et Pr (g) la masse du refus suite au tamisage à 2mm de l'échantillon. Le pourcentage d'éléments grossiers (%EG) est calculé comme suit :

$$\%EG = \frac{Pr}{PT} \times 100$$

7.2.2. Humidité résiduelle

Les résultats d'analyses de sol sont en principe exprimés d'après la masse de l'échantillon de sol séché à 105°C.

Pour ce faire, un échantillon de sol séché à l'air et précédemment tamisé à 2mm de poids P(g) est séché à l'étuve à 105°C pendant 24 heures, suivant le protocole établi par le Laboratoire Sol et Végétation (LSV, 2007a). Il est ensuite refroidi au dessiccateur puis pesé. Soit P105 (g) le poids du sol sec.

L'humidité résiduelle (%Hr) est exprimée comme suit :

$$\% \text{ Hr} = \frac{P - P105}{P} \times 100$$

7.2.3. Perte au feu

Cette analyse permet d'estimer la quantité de MO contenue dans le sol.

Un échantillon de sol séché à l'air est brûlé à 450°C pendant 4 heures (à partir du four froid), puis refroidi en dessiccateur avant d'être pesé, suivant le protocole établi par le Laboratoire Sol et Végétation (LSV, 2007b). Soient P105(g) le poids de l'échantillon séché à 105°C utilisé pour l'analyse, et Ppaf (g) le poids de l'échantillon de sol brûlé à 450°C. La perte au feu (PAF), qui correspond au pourcentage de MO, est exprimée comme suit :

$$\text{PAF (\% de la masse sèche)} = \frac{P105 - Ppaf}{P105} \times 100$$

7.2.4. Granulométrie organo-minérale et taux de Corg

La granulométrie organo-minérale par tamisage humide est effectuée d'après LSV (2007c). Cependant, une partie du protocole est adapté dans le cadre de cette étude : à la place de centrifuger l'eau contenant les fractions <50µm qui est obtenue après tamisage manuel, cette dernière est récoltée dans des bassines et est laissée à décanter pendant au minimum 12 heures. Le surnageant de chaque bassine est ensuite aspiré à l'aide d'une trompe à eau, puis les culots sont récoltés dans un cylindre gradué qui est ensuite complété à 1l par de l'eau désionisée. De plus, un tamis supplémentaire de 200µm, limite permettant de séparer les fibres, est ajouté aux tamis mentionnés dans ce protocole. Afin de permettre des analyses ultérieures sur les fractions, de l'eau désionisée est utilisée tout au long de l'expérience. Un nombre limité d'échantillons est sélectionné, au vu de la durée et du coût des analyses planifiées. Ne sont analysés que les horizons organo-minéraux de surface provenant des profils, les horizons organiques de profondeur provenant également des profils, et un horizon organique provenant d'un sondage à la tarière en zone alluviale active. Cela permet de comparer le fractionnement de la MO dans les horizons de surface à celui des horizons enfouis.

Le Corg est ensuite dosé par pyrolyse Rock-Eval sur chaque fraction obtenue suite à la granulométrie par tamisage humide. Pour ce faire, l'échantillon est broyé à l'aide d'une broyeuse à agate. La méthode de pyrolyse Rock-Eval permet d'obtenir le carbone organique total (COT, en % pondéral) de l'échantillon (Espitalié et al., 1985) de manière précise et reproductible (Disnar et al., 2003). Pour chaque échantillon, le Corg est exprimé en mg/g de sol.

7.2.5. Dosage du Corg et déconvolution du pic S2

Le Corg est dosé par pyrolyse Rock-Eval sur des échantillons de sol broyés et préalablement tamisés à 2mm, provenant des horizons de surface des profils et sur quelques échantillons d'horizons organiques provenant des sondages à la tarière. La déconvolution du pic S2 (mesure en continu des hydrocarbures relâchés pendant l'hydrolyse, de 200 à 600°C) se fait en combinant quatre composantes élémentaires gaussiennes (F1, F2, F3, et F4) dont les fourchettes de température sont fixées par Sebag et al. (2006), en utilisant le logiciel PeakFit®. L'amplitude de ces composantes élémentaires est fixée de manière à limiter au maximum les résidus. Enfin, l'aire de chacune de ces composantes est exprimée en pourcents et la température atteinte lors du maximum d'émission du pic S2 est reportée sous le nom de Tmax (Tpeak pour Sebag et al. (2006)).

7.3. Résultats

7.3.1. Perte au feu

La MO contenue dans les échantillons de sol analysés varie entre 0,57% de la masse de l'échantillon présentant le taux le plus bas, et 16,91% de celui présentant le taux le plus élevé (Fig. 16). Quatre échantillons se distinguent par un taux égal ou supérieur à 10%. Il s'agit des horizons de surface des profils P4 (Tourtemagne) et P5 (lac de la Brèche, Sierre) (respectivement P4-A1 et P5-A), et de deux horizons provenant de sondages à la tarière (T61-VIIIA à Finges, et T69-IIIa dans la réserve naturelle de Zeiterbode, station de Selkingen, Fig. 8). Trois échantillons ne présentent que très peu de MO : un horizon de labour du profil P1 (Saillon ; P1-LCg2), un horizon de profondeur se situant entre 50 et 51.5cm du profil P3 (Rarogne ; P3-IICg), et un horizon enfoui à 146cm du profil P6 (Ferme des Îles, Martigny ; P6-VIag).

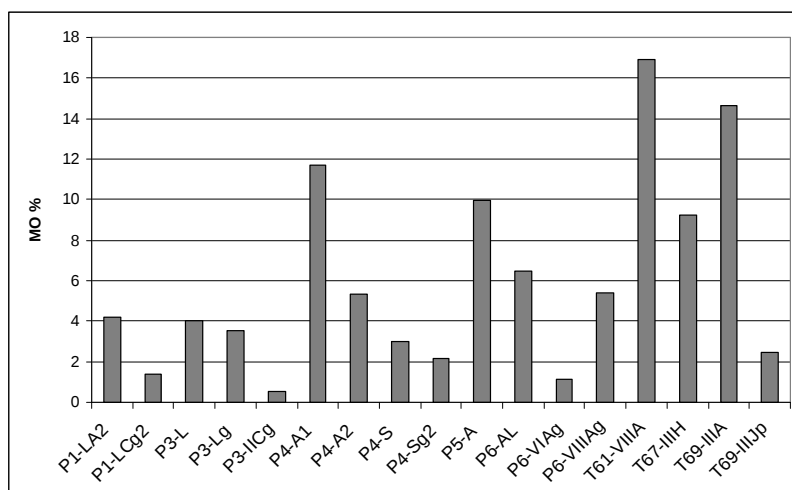


Fig. 16. Analyse de la perte au feu. Taux de matière organique (MO %) contenue dans les échantillons provenant des profils de sols, ainsi que de quelques sondages à la tarière.

La suite des horizons provenant du profil P4 montre une diminution progressive du taux de MO avec la profondeur ; ce taux est de 11.7% pour l'horizon A1 de surface et de 2.14% pour l'horizon de structure polyédrique Sg2. En revanche, la suite d'horizons du profil P6 ne montre pas cette diminution puisqu'un horizon de profondeur présente un taux de 5.4% de MO (P6-VIII_{Ag}). Pour finir, il est intéressant de noter la diminution importante du taux de MO entre l'horizon IIIA du sondage T69 et l'horizon IIJp se trouvant juste en dessous de ce dernier.

7.3.2. Granulométrie organo-minérale et taux de Corg

Le carbone organique contenu dans les échantillons suit les mêmes proportions que la MO mesurée précédemment. Il varie de 77,4mg/g de sol pour l'échantillon contenant le plus de Corg, à 1.4mg/g de sol pour celui qui en contient le moins (Fig. 17, annexe 5.1). La distribution du Corg dans les cinq fractions présente de grandes variations entre les échantillons. La fraction 5-50µm, correspondant à la taille des microagrégats, contient entre 45 et 60% du Corg pour six échantillons (Fig. 18) provenant d'horizons de labour pour quatre d'entre eux (P1-LA2, P3-L, P4-A2, et P6-AL), d'un horizon de profondeur contenant très peu de MO (P3-II_{Cg}), et enfin d'un horizon de profondeur contenant 1.1% de MO (P6-VI_{Ag}). Au contraire, deux échantillons se distinguent par une proportion importante de Corg dans les fractions grossières : P6-VIII_{Ag} contient 61% du Corg dans les fractions >100µm dont 30% dans la fraction 2000-200µm, et T69-IIIA (Zeiterbode) contient 65% du Corg dans les fractions >100µm dont 44% dans la fraction 2000-200µm. L'échantillon P5-A se situe entre les deux extrêmes avec 50% du Corg dans les fractions >100µm, dont 18% dans la fraction 2000-200µm.

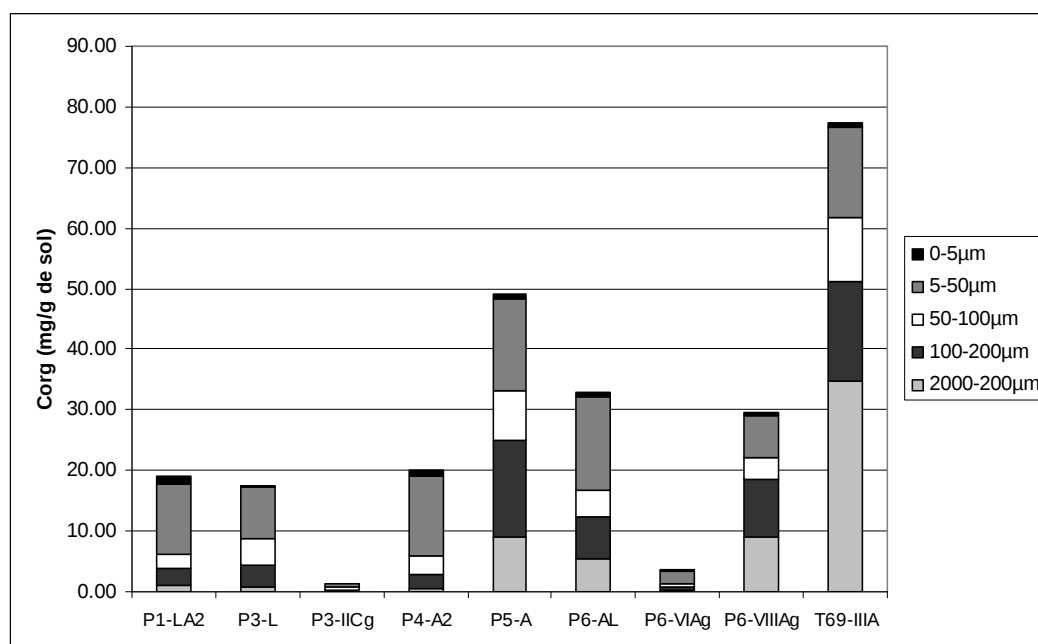


Fig. 17. Taux de carbone organique (Corg (mg/g de sol)) contenu dans les échantillons, ainsi que dans les fractions granulométriques obtenues par tamisage humide.

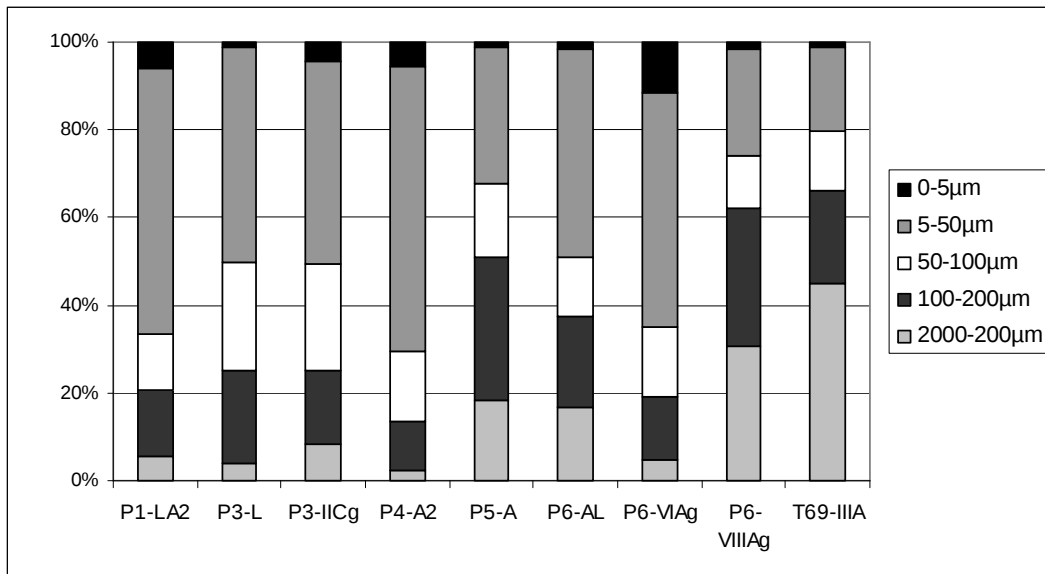


Fig. 18. Distribution relative du carbone organique (Corg %) dans les fractions granulométriques obtenues par tamisage humide des échantillons.

7.3.3. Déconvolution du pic S2

La déconvolution des pics S2 par quatre composantes élémentaires donne des résultats fiables pour les échantillons analysés lors de cette étude car le r^2 est dans l'ensemble très élevé, variant entre 0.89 et 0.99 (annexe 5.2). Les pics S2 présentent une Tmax variable (Fig. 19) et une courbe sensiblement différente selon les échantillons.

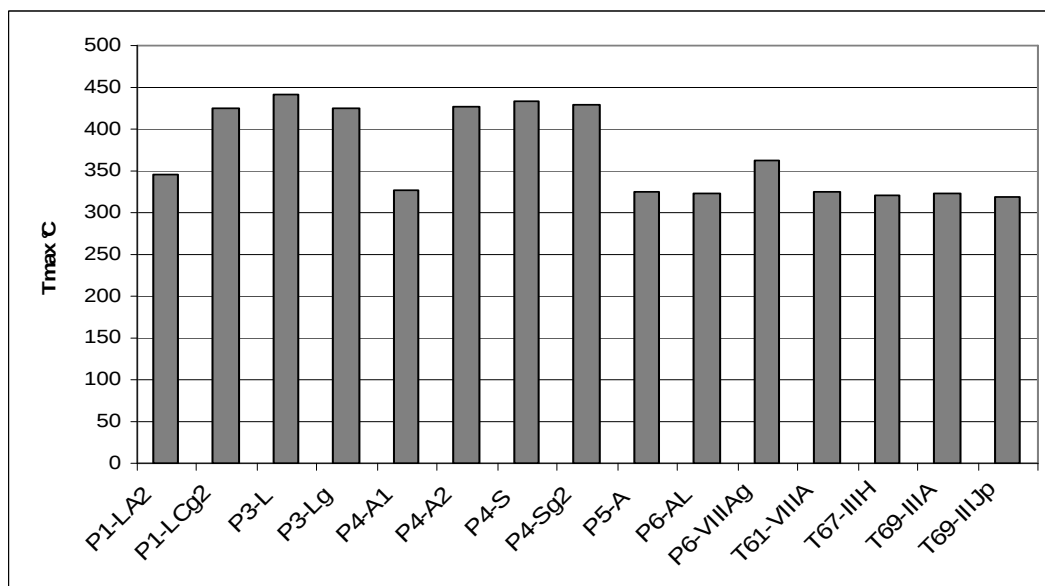


Fig. 19. Température atteinte lorsque l'émission d'hydrocarbure est à son maximum (Tmax °C), lors de l'analyse des échantillons au Rock Eval.

Six échantillons se distinguent par une Tmax dépassant 400°C, c'est-à-dire par un niveau élevé de maturation de la MO (Disnar et al., 2003) : il s'agit de l'horizon Cg2 du profil P1, des horizons L et Lg du profil P3, et des horizons A2, S et Sg2

du profil P4. La Tmax des autres échantillons varie entre 318 et 326°C, ce qui indique plutôt la présence de MO fraîche (Disnar et al., 2003). La forme des courbes, quant à elle, varie surtout en fonction du type d'horizon (Fig. 20). Les horizons A, par exemple l'horizon A du profil P5, ont une Tmax plutôt basse et leur courbe S2 est plutôt portée par la composante élémentaire F1, qui correspond à la présence de MO fraîche. Au contraire, les horizons S, comme l'horizon S du profil P4, présente une Tmax assez élevée et leur courbe S2 est portée par la composante élémentaire F4, ce qui indique plutôt la présence de géopolymères, c'est-à-dire de substances réfractaires à la température (Disnar et al., 2003 ; Sebag et al., 2006). Pour finir, les horizons L, comme l'horizon L du profil P3, ont une Tmax plutôt élevée mais relativement variable, et les composantes élémentaires qui portent la courbe S2 semblent toutes équivalentes au niveau de leur amplitude (Tableau 3).

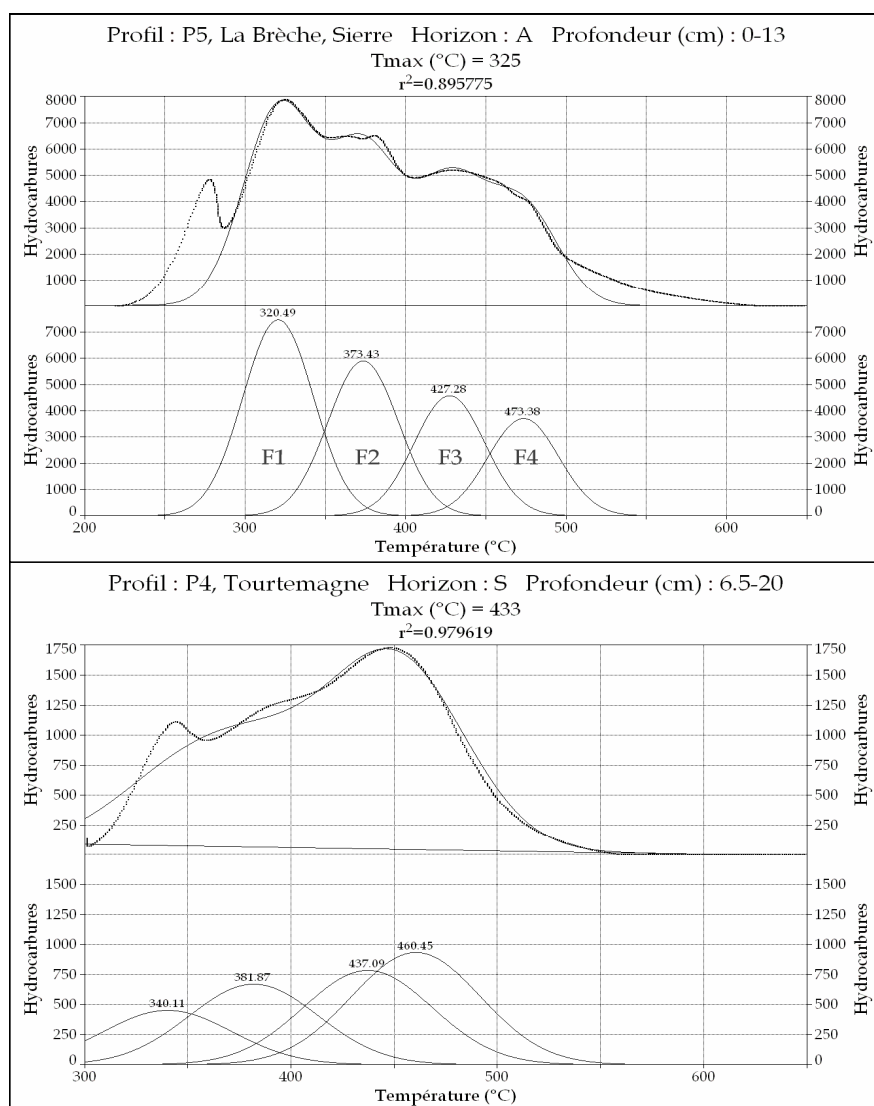


Fig. 20. Courbes d'émissions d'hydrocarbures (pic S2) obtenues par l'analyse du Rock Eval, et déconvolution de ces courbes par quatre composantes élémentaires (F1 à F4). Haut : échantillon provenant de l'horizon A du profil P5 ; bas : échantillon provenant de l'horizon S du profil P4. La courbe d'émissions d'hydrocarbures se trouve sur le haut de chaque image, en pointillé. Le résultat de la déconvolution s'y superpose en trait continu.

Les composantes élémentaires se trouvent sur le bas de chaque image, notées F1 à F4 toujours de gauche à droite puisque les intervalles sont fixés par Sebag et al. (2006). L'aire des différentes composantes élémentaire est très différente entre l'horizon A du profil P5 et l'horizon S du profil P4, le premier horizon étant porté par F1 et le deuxième par F4.

Quelques échantillons se distinguent par leur position sur les projections des valeurs (aires en %) de F1, F2, F3, et F4 (annexe 5.3). Sur la projection de F1 par rapport à F4, deux individus sont portés par la composante F4 plutôt que le reste du groupe porté par la composante F3. Il s'agit des deux horizons S du profil P4 (P4-S et P4-Sg2). En revanche, sur la projection de F2 par rapport à F3, les individus sont rassemblés en 3 groupes. Le premier (trait plein) est porté par F3 tandis que le troisième (trait-tillé) est plutôt porté par F2 ; le deuxième (pointillé) se trouve au milieu, autant porté par F2 que par F3. Un individu n'est pas compris dans ces ensembles ; il s'agit de l'horizon A de P6 qui est fortement porté par F2.

Tableau 3. Résultats de la déconvolution des pics S2 obtenus par analyse Rock Eval.

Profil	Horizon	TOC	Tmax	F1	F2	F3	F4
		(%)	(°C)	aire relative (%)			
P1	LA2	1.94	346	34	28	23	15
	LCg2	0.41	424	20	27	29	24
P3	L	1.39	441	26	26	26	22
	Lg	1.25	426	26	23	28	23
P4	A1	2.49	327	30	21	25	24
	A2	1.01	428	28	23	35	14
	S	0.52	433	16	23	28	33
	Sg2	0.43	430	10	22	29	39
P5	A	4.81	325	35	27	21	17
P6	AL	3.32	323	38	29	19	14
	VI Ag	0.4	403	-	-	-	-
	VIII Ag	2.9	362	22	32	23	23
T61	VIIIA	8.38	326	30	27	24	19
T67	IIIIH	4.26	320	31	28	21	20
T69	IIIA	4.59	323	38	27	20	15
	IIJp	0.78	318	35	28	20	17

7.4. Discussion

7.4.1. Maturation de la matière organique

La quantité de MO et de Corg baisse avec la profondeur dans les profils décrits en plaine alluviale du Rhône supérieur, ce qui correspond aux résultats d'études faites sur des sols très divers (Di Giovanni et al., 1998 ; Disnar et al., 2003 ; Sebag et al., 2006). En revanche, les sols alluviaux présentent des exceptions lorsque des horizons organiques se trouvent enfouis sous des sédiments, suite à une crue du

cours d'eau. Le profil P6 (Ferme des Îles, Martigny) en est un bon exemple avec l'horizon VIIIAg, qui contient plus de 5% de MO et présente une Tmax basse. Cela indique une composition de MO fraîche malgré le fait qu'il se trouve à 2m de profondeur. D'ailleurs, ces résultats démontrent la bonne préservation de la MO lorsqu'elle est enfouie par des sédiments alluviaux, hypothèse renforcée par les échantillons provenant des sondages à la tarière, enfouis eux aussi sous des sédiments (T61-VIIIA, T67-IIIIH, T69-IIIA, T69-IIIJp). Les résultats de cette analyse permettent également de mieux décrire les horizons organiques enfouis, qu'il est parfois difficile de qualifier et d'interpréter macroscopiquement sur le terrain. L'horizon organique de profondeur provenant du sondage T67 se situant à Zeiterbode (station de Selkingen, Fig. 8) a été interprété sur le terrain comme étant un horizon de tourbe. Mais le taux de MO qui ne dépasse pas 10% (50% minimum pour une tourbe selon la définition du Référentiel Pédologique (AFES, 1995)) et son état de maturation tendent plutôt à démontrer qu'il s'agit d'un horizon A, surtout lorsqu'on le compare aux autres horizons A des sondages à la tarière.

La déconvolution des pics S2 ainsi que la comparaison des aires (%) des composantes élémentaires montrent que les horizons S du profil P4 (Tourtemagne) se différencient des autres horizons de par la maturation de la MO. Ce sont les seuls échantillons dont la composante principale indique la présence d'une MO de maturation et de stabilité élevée. Sebag et al. (2006) émettent toutefois des réserves quant à la description plus détaillée de la nature de ces composants car certaines molécules de grande stabilité pourraient être craquées par la pyrolyse à plus basse température.

A part les horizons S, cette analyse ne permet pas de distinguer les autres horizons entre eux. Elle différencie plutôt certaines zones de la plaine. En effet, sur les projections des composantes élémentaires (annexe 5.3), les échantillons provenant du profil P4 sont clairement distincts des sondages à la tarière effectués dans le Bois de Finges et dans la réserve naturelle de Zeiterbode (station de Selkingen). Les échantillons du profil P4 ont, dans l'ensemble, une MO de maturité élevée, tandis que les échantillons des sondages sont tous regroupés et portés par les composantes élémentaires F1 et F2. Ils sont donc composés de MO fraîche, vraisemblablement des polysaccharides, de la lignine, et de la cellulose. Mais les différences entre les composantes élémentaires de cette étude sont beaucoup moins bien marquées que celles obtenues par Sebag et al. (2006). Ces auteurs obtiennent une composante F1 de 46% pour un horizon OL. Cette méthode permet donc de distinguer des sols très différents ou des horizons bien distincts d'un même sol, d'après les résultats de ces auteurs, mais elle n'est vraisemblablement pas assez fine pour distinguer des horizons de même type (des horizons A dans le cadre de cette étude) dans une même région. Les résultats obtenus permettent tout de même de distinguer les extrêmes, c'est-à-dire des sols en évolution depuis environ deux siècles et des sols jeunes. En effet, l'endiguement du Rhône en Haut Valais s'est fait très tôt (Posse, 1997), et a donc permis une évolution des sols jusqu'à nos jours sans nouvelle sédimentation alluviale. Au Bois de Finges et à Selkingen, au contraire, les sols enfouis n'ont pas eu un temps d'évolution très long avant d'être recouverts de sédiments. C'est une dynamique typique de zones alluviales actives où les sols sont régulièrement rajeunis ou enfouis. L'horizon de surface du profil P5 (lac de la Brèche, Sierre)

présente également une faible maturation de la MO alors que le profil ne se trouve plus actuellement en zone alluviale active. C'est pourtant un sol encore jeune, qui a donc vraisemblablement été coupé de tout alluvionnement du Rhône plus tard que le profil P4 du Haut Valais.

Pour finir, les horizons A analysés dans le cadre de cette étude sont beaucoup moins humifiés que les horizons A décrits par Sebag et al. (2006), Di Giovanni et al. (1998), ainsi que Disnar et al. (2003). Ces auteurs décrivent des horizons A ayant une Tmax autour de 400°C, alors que les échantillons de cette étude ont plutôt une Tmax de 320°C. Cela pourrait être une caractéristique des sols de la plaine alluviale du Rhône supérieur, ces derniers ayant gardé une MO peu humifiée malgré le temps d'évolution depuis les corrections du fleuve jusqu'à nos jours.

7.4.2. Fractionnement de la MO

La granulométrie par tamisage humide permet de compléter les résultats précédemment discutés, et d'affiner la description de quelques horizons. La plupart des échantillons analysés contiennent la plus grande partie du Corg dans la fraction de 5-50µm. Selon les travaux de Fierz et al. (1995) en zone alluviale de la Sarine et de la Maggia en Suisse, le Corg se concentre dans les fractions fines (<100µm) lorsqu'un sol alluvial évolue sans nouvelle sédimentation. Cette concentration serait distincte en moins d'un siècle d'évolution. La différence de fragmentation de la MO entre les différents sols de la plaine du Rhône souligne donc la présence de sols évolués par rapport à des sols encore jeunes ou ayant été enfouis à un stade précoce d'évolution. En effet, trois échantillons sont les témoins de zones alluviales actives ou de sols encore jeunes. L'horizon de surface du profil P5, l'horizon organique enfoui du profil P6, et l'horizon du sondage à la tarière du Bois de Finges, déjà distincts des autres échantillons par les analyses précédentes, présentent une concentration du Corg dans les fractions grossières (>100µm). L'activité de fragmentation de la faune du sol dans ces horizons est donc plutôt faible ou n'a eu que peu de temps pour permettre une plus grande fragmentation de la litière tombée au sol. Cela a une conséquence sur la structuration des horizons organiques puisque les liaisons argilo-humiques, donc également les microagrégats de grande stabilité, se forment à partir de particules très fines (Gobat et al., 2003 ; Puget et al., 2000). La différence de fragmentation est très frappante entre l'horizon de surface et l'horizon de profondeur du profil P6, ce qui souligne le changement complet de dynamique alluviale entre ces deux sols superposés. L'horizon de surface présente les caractéristiques d'un sol ayant évolué sans alluvionnement pendant au moins un siècle, tandis que l'horizon de profondeur témoigne d'une dynamique alluviale active, et ceci au même endroit.

Les résultats soulignent également la différence entre les zones agricoles et les zones se situant actuellement ou par le passé sous forêt. Selon Balesdent et al. (1998), la mise en culture des sols provoque une baisse de la MO due à dégradation plus élevée du Corg. Selon ces auteurs, toutes les fractions sont affectées par la baisse de Corg, mais principalement la fraction grossière. Ce faible taux de Corg, ainsi que sa concentration dans les fractions les plus fines, caractérisent les profils actuellement en zone agricole, c'est-à-dire les profils P1, P3, P4, et P6. La mise en culture des sols de plaine, qui découle en partie de la

correction du Rhône, renforce donc encore les différences exprimées par les analyses de maturation de la MO, entre les sols évoluant depuis deux siècles et les sols jeunes typiques des zones alluviales actives. Il est tout de même important de noter que les résultats obtenus par Balesdent et al. (1998) ne sont pas complètement comparables à ceux obtenus lors de cette étude, car ces auteurs ont effectué un traitement aux ultrasons avant la granulométrie, ce qui n'est pas proposé dans la méthode appliquée aux échantillons de cette étude. Selon Balesdent et al. (1991), ce traitement augmente la quantité de Corg dans les fractions fines. Mais il est tout de même possible d'observer les tendances des échantillons et de les comparer aux études effectuées par ces auteurs.

Pour finir, ces résultats montrent la pertinence de cette analyse et sa complémentarité aux analyses de maturation de la MO. Il serait tout de même très intéressant de pouvoir dater le dépôt des sédiments des sols alluviaux, surtout en ce qui concerne les sols qui contiennent des horizons organiques enfouis. Une possibilité serait de mesurer le taux de décarbonatation, d'après une méthode utilisée et décrite par Bureau et al. (1994).

8.MICROMORPHOLOGIE

8.1. Introduction

La micromorphologie des sols permet d'observer un échantillon de sol au niveau micrométrique et révèle donc des objets qui ne sont pas visibles à l'œil nu (Stoops, 2003). Le pouvoir séparateur du microscope optique permet de voir des objets de 2 à 10 μ m pour une lame d'une épaisseur de 20-25 μ m (Courty et Fedoroff, 2002). Cette discipline a été développée par un pédologue autrichien, W.L.Kubiena, qui présenta ses premières observations en 1935 (Rusek, 1985 ; Stoops, 2003). Elle fut initialement utilisée comme outil pour la compréhension de la formation et du fonctionnement des sols, puis comme moyen de classification des sols, et enfin s'est ouverte à de nombreux domaines comme la géologie du Quaternaire, la sédimentologie et l'archéologie (Courty et Fedoroff, 2002 ; Stoops, 2003). Elle a donc trouvé de multiples applications, notamment en ce qui concerne les reconstitutions paleoenvironnementales.

Cette discipline se fonde sur l'observation de lames minces qui proviennent d'un échantillon de sol dont l'organisation interne, c'est-à-dire la structure, est préservée. Elle permet d'identifier les constituants du sol (qu'ils soient solides, liquides ou gazeux), et donc les processus impliqués dans la genèse de ce sol (Bullock et al., 1985). Par exemple, la présence d'argilanes (dépôt laminaire d'argiles, visible uniquement au microscope) dans certains horizons est le témoin du processus d'illuviation. L'étude des lames minces représente, à ce titre, un support important et complémentaire de la description sur le terrain et des analyses physico-chimiques de laboratoire.

La description de la structure du sol d'une lame mince, ainsi que de ses constituants solides (minéraux, organiques ou mixte), constitue généralement un point essentiel. En effet, l'arrangement des constituants dépend fortement de la texture, de l'état des colloïdes, du taux de matière organique, du taux d'humidité, et de l'activité de la faune du sol (Gobat et al., 2003). La description de la structure du sol d'une lame mince fournit donc de précieuses informations sur le fonctionnement de celui-ci. De plus, la taille des particules minérales, leur arrangement et leur minéralogie constituent, dans le cadre d'une étude en zone alluviale, une source d'information sur la nature des dépôts sédimentaires et leur dynamique de sédimentation à l'échelle micrométrique.

La faune du sol joue un rôle primordial dans la structuration du sol, plus particulièrement dans les horizons holorganiques et organo-minéraux de surface. Gobat et al. (2003) résument son influence en cinq points : macrobrassage, microbrassage, formation de galeries, fragmentation, et formation d'agrégats. Plus précisément, pour ce qui est du rôle de la faune sur la microstructure du sol, Rusek (1985) propose trois catégories : désintégration de la matière organique (MO), formation de la matrice microstructurale zoogénique, percement de galeries, et fouissage par les animaux endogés. Par ses multiples influences, la faune du sol détermine, entre autres facteurs, quelle forme d'humus, quelle microstructure et quel type de sol se développera dans l'écosystème (Rusek, 1985). Il est donc très intéressant, pour comprendre le fonctionnement d'un sol, de connaître quels animaux y sont actifs. Malheureusement, les animaux eux-

mêmes ne sont que très rarement visibles en lames minces (Babel, 1975). En revanche, leurs déjections sont généralement conservées et constituent le témoin de leur activité. La taille, la forme ainsi que l'emplacement des boulettes fécales permet d'interpréter quel est le groupe pédofaunistique qui les a déposées (Pawluk, 1985). Mais cette approche ne permet pas de déterminer les animaux jusqu'à l'espèce, car des organismes d'un groupe taxonomique différent peuvent produire des boulettes fécales similaires (Babel, 1975 ; Rusek, 1985). De plus, les déjections peuvent varier en fonction du type de nourriture ingérée, de l'âge de l'organisme, et de l'âge de l'excrément (Babel, 1975 ; Pawluk, 1987). Il est tout de même possible de distinguer les déjections de quelques grands groupes de la faune du sol, lesquels semblent avoir un impact dominant dans l'ingestion de MO (Pawluk, 1987). Par cette approche, il est finalement possible de reconstituer l'écologie de la formation de l'humus et du site en général (Babel, 1975), ce qui est très intéressant dans le cadre de cette étude.

8.2. Matériel et méthodes

Les échantillons destinés à la confection de lames minces de sol sont prélevés directement dans la face du profil à l'aide d'une boîte dite de Kubiena (Kubiena, 1938). La partie interne de la boîte est délicatement enfoncée dans l'horizon que l'on désire échantillonner, puis détachée, et enfin précautionneusement emballée pour éviter le dessèchement et la distorsion de l'échantillon. L'orientation de l'échantillon dans le profil (haut et bas) est soigneusement reportée à chaque étape de conditionnement. De retour au laboratoire, un échantillon de plus petite taille est prélevé dans la partie interne de la boîte de Kubiena. Ce dernier est tout d'abord lyophilisé, afin de le dessécher complètement sans modifier la structure interne, puis il est induré (annexe 6.1). Une lame d'environ 30µm d'épaisseur est préparée pour chaque échantillon.

L'observation des lames se fait au microscope optique équipé d'un dispositif de polarisation, en lumière naturelle de transmission, en lumière polarisée non analysée, en lumière polarisée, et en utilisant quelques fois la lame mica-quart d'onde afin de bien visualiser les grains minéraux (Courty et Fedoroff, 2002). La description des lames, ainsi que la présentation des résultats, suivent les recommandations proposées par Stoops (2003). Les lames présentant des couches ou des zones hétérogènes sont systématiquement décrites du bas vers le haut. Des photos, accompagnées de schémas, illustrent la microstructure du sol ainsi que certaines particularités rencontrées lors des descriptions.

Stoops (2003) insiste sur la nécessité d'un vocabulaire spécifique pour la description des lames minces, afin d'obtenir une description méthodique, complète, la plus objective possible, et afin de pouvoir comparer les descriptions d'auteurs différents. La définition des termes suivants sont extraits de Stoops (2003) :

- o **Fabrique** : organisation générale du sol, exprimée par l'arrangement spatial de ses constituants, qu'ils soient solides, liquides ou gazeux (Bullock et al., 1985). Ce terme peut s'appliquer à toutes les échelles de description d'une lame, donc à tous les objets contenus dans le sol.

- o **Microstructure** : arrangement, forme et taille des particules primaires, que ce soit dans un matériel agrégé ou non. Ce terme s'applique également à l'arrangement, à la forme et à la taille des agrégats, s'il y en a.
- o **Fond matriciel** : terme général utilisé pour le matériel fin et grossier ainsi que pour les vides qui constituent le matériel de base du sol.
- o **Éléments figurés** : tous les éléments qui ne font pas partie du fond matriciel. Ce sont des unités discrètes de la fabrique, distinctes du matériel adjacent par une différence de concentration dans un ou plusieurs de ses constituants, ou par une différence interne de fabrique.
- o **C/f distribution relative** : caractéristique importante du fond matriciel. Elle exprime la distribution des unités de la fabrique en relation avec les unités plus petites et les pores associés.
- o **Micromasse** : matériel fin du fond matriciel.
- o **B-fabrique** : décrit le motif résultant de l'orientation et de la distribution des couleurs d'interférence au sein de la micromasse.

8.3. Résultats

Toutes les lames minces de sol préparées sont d'une bonne qualité pour l'observation au microscope. Un seul artéfact est visible, mais il se retrouve sur toutes les lames. Il s'agit de petites bulles prises dans la résine qui seraient induites par réaction physico-chimique de la résine avec la matière organique (MO) (André Villard, préparateur de lames minces de l'Institut de Géologie à l'Université de Neuchâtel, communication personnelle).

Les planches des photos et schémas des lames minces ainsi que leur description détaillée se trouvent en annexe 6. Une photo de la lame mince en entier (échelle : hauteur de la photo = 3.3cm) illustre le propos des résultats. Ces derniers ayant été obtenus par description au microscope, les détails ne seront pas visibles sur ces illustrations.

8.3.1. M/P1-21

Profil P1, Saillon

Horizon LA2, 1-13cm

Lame verticale, à 2cm en dessous de la surface

Photos 14-17 (annexe 6.4) ; 26 (annexe 6.5)



L'échantillon de sol de cette lame présente une microstructure microagrégée en intergrain, c'est-à-dire une alternance de grain minéraux et d'agrégats entre les grains, assez homogène sur toute la lame avec une tendance massive (sans espace interstitiel) à certains endroits. Le fond matriciel est composé de nombreux grains minéraux de 10 à 700µm, d'une micromasse organo-minérale dont les particules ne sont pas distinctes, d'agrégats composés uniquement de MO fine et de cellules végétales fortement altérées, et enfin

d'agrégats organo-minéraux. De nombreux débris tissulaires de végétaux sont présents sur cette lame, la plupart de couleur brune, voire noire, fragmentés à leurs extrémités. Des boulettes fécales ainsi que des biosphéroïdes^a sont également identifiables.

8.3.2. M/P4-54

Profil P4, Tourtemagne

Horizon XXXCg et XXXICg, 92-100cm

Lame verticale, à 95,2cm en dessous de la surface

Photos 1 (annexe 6.2) ; 6, 7 (annexe 6.3)



La microstructure du sol de cette lame est complexe, car cinq zones se différencient par l'arrangement des particules. Ce sont surtout la taille des particules minérales ainsi que l'espacement entre eux qui permettent de les discriminer. Les quatre premières couches depuis le bas de la lame présentent une microstructure granulaire composée d'un arrangement lâche de grains minéraux, tandis que la dernière présente une microstructure massive, c'est-à-dire l'absence de vides visibles entre les particules au plus fort grossissement disponible. Ces couches, d'une très faible épaisseur, correspondent à une alternance de dépôts sableux et de dépôts de particules plus fines, essentiellement des limons. D'autre part, une fine pellicule de couleur brun-rouille observable à la surface des grains minéraux caractérise la première et la troisième couche. Il n'y a que très peu, voire pas de débris organiques visibles sur cette lame, à l'exception de quelques grains de charbon distribués uniformément dans les cinq zones et de restes de MO amorphe.

8.3.3. M/P5-10

Profil P5, lac de La Brèche, Sierre

Horizon Js, 13-35cm

Lame verticale, à 13 cm en dessous de la surface

Photos 18, 20 (annexe 6.4) ; 28 (annexe 6.5)



Le sol de cette lame est composé de grains de sables et d'agrégats organo-minéraux formant une microstructure microagrégée en intergrain. Les agrégats organo-minéraux sont composés de MO amorphe. Certains agrégats sont composés uniquement de MO. De nombreux restes tissulaires végétaux fortement altérés, ainsi que des boulettes fécales sont visibles.

^a Calcite en forme de sphère, sécrétée par les vers de terre (Becze-Deák, 1997).

8.3.4. M/P6-1

Profil P6, Ferme des Îles, Martigny

Horizon VIIIAg, 182-200cm

Lame verticale, à 189,4cm en dessous de la surface

Photos 22, 23 (annexe 6.4) ; 32, 33 (annexe 6.5) ; 38, 39 (annexe 6.6)



Il s'agit d'une lame présentant une microstructure complexe, avec quatre couches distinctes. La première et la dernière ont une microstructure microagrégée en intergrain ; elles sont composées de grains minéraux de la taille des sables, d'agrégats organo-minéraux, et d'agrégats uniquement organiques composés de boulettes fécales agglomérées. La deuxième couche contient de nombreuses coupes d'organes et de tissus végétaux, notamment de nombreuses coupes de feuilles empilées, ce qui forme une microstructure laminée avec quelques endroits à microstructure massive où aucun vide n'est observable entre les particules. La troisième couche présente une microstructure massive, c'est-à-dire un ensemble de particules fines formant une micromasse dont on ne distingue pas la taille des particules, ni les vides entre elles, au plus fort grossissement disponible. Quelques grains de sables sont visibles au milieu des particules fines. De nombreuses boulettes fécales de tailles et de composition diverses sont observables dans la première et la deuxième couche.

8.3.5. M/P6-2

Profil P6, Ferme des Îles, Martigny

Horizon VICg et VIIC, 164-182cm

Lame verticale, à 154,4cm en dessous de la surface

Photos 2, 3 (annexe 6.2) ; 8-10 (annexe 6.3) ; 34 (annexe 6.5)



La microstructure de cette lame est très hétérogène. Deux zones se différencient très faiblement par la taille et l'arrangement des particules. La première, surtout, est très hétérogène ; aucune microstructure n'est distincte, et les grains minéraux sont très mal triés (de la taille des limons à la taille des sables pour ceux dont la forme est distincte). La plupart de cette zone présente une microstructure granulaire simple voire granulaire avec des chenaux en intergrain, mais quelques endroits, principalement en dessous des coupes de racines et de feuilles, présentent une microstructure massive dont les particules sont organisées de manière préférentielle (orientation unistriée). Une hypocutane^b de couleur brun-rouille est observable autour des chenaux, ainsi que

^b Élément figuré de la matrice. Imprégnation de la matrice autour d'un vide, dont l'étendue ne touche pas le bord de ce dernier. Définition d'après Stoops (2003).

des imprégnations de même couleur, de forme sphérique, qui se trouvent généralement dans la micromasse. Quelques coupes transversales de radicelles assez altérées se trouvent également dans cette couche, ainsi qu'un remplissage de chenal visible à l'orientation en croissant des particules. La deuxième couche est plus homogène, avec une microstructure granulaire simple et des grains de la taille des sables. De nombreuses spicules de graphite sont présentes dans toute la lame et sont distribuées uniformément.

8.3.6. M/P6-3

Profil P6, Ferme des Îles, Martigny

Horizon VIAg, 146-152cm

Lame verticale, à 139,8cm en dessous de la surface

Photo 11 (annexe 6.3), 9, 21 (annexe 6.4), 29-31 (annexe 6.5)



Une microstructure microagrégée en intergrain se retrouve de manière assez homogène sur toute la lame, sauf à un endroit en particulier qui est de microstructure granulaire rapprochée à tendance massive. De nombreux agrégats organo-minéraux composés de matériel minéral fin et de MO amorphe se trouvent entre les grains minéraux de la taille des sables. Des résidus cellulaires et tissulaires de végétaux se trouvent sur la lame ; ils sont altérés par fragmentation et brunissement des cellules. Sont encore observables : des boulettes fécales composées de restes cellulaires de végétaux, et des zones à imprégnation de couleur brun-rouille entre les grains devenant opaque là où elle est la plus forte.

8.3.7. M/P6-7

Profil P6, Ferme des Îles, Martigny

Horizon VCg, 130,5-146cm

Lame verticale, à 144cm en dessous de la surface

Photos 4 (annexe 6.2), 13 (annexe 6.3), 35 (annexe 6.5), 41, 43 (annexe 6.6)



Deux zones différentes sont distinctes sur cette lame. La première couche qui couvre les $\frac{3}{4}$ de la lame, se caractérise par une microstructure à chenaux^c et chambres^d, des grains minéraux de taille très diverse entre les sables et les limons, et une micromasse présente en petits domaines où les particules ont une orientation préférentielle unistriée. La deuxième zone se caractérise quant à elle par une microstructure à chambres, des

^c Vide de forme tubulaire, avec une coupe perpendiculaire de forme cylindrique ou arquée. Ce sont principalement des chenaux racinaires ou des galeries dues à la faune du sol (Stoops, 2003).

^d Vides de forme plus ou moins équidimensionnelle, avec une paroi lisse, connectés entre eux par des chenaux (Stoops, 2003).

particules minérales de très petite taille dont la plupart n'est pas discernable au plus fort grossissement disponible, et une micromasse gris foncé uniforme dont les particules ont une orientation préférentielle unistriée horizontalement par rapport à l'orientation de la lame. De nombreuses coupes transversales de radicelles ainsi que des débris tissulaires de végétaux, tous très altérés par fragmentation et brunissement des cellules se retrouvent dans les deux zones. La plupart des chenaux et chambres sont remplis, de manière plus ou moins dense, par des débris tissulaires et cellulaires de végétaux, également très altérés. Sont également observables : des imprégnations jaune-rouille de la matrice de forme irrégulière, et un remplissage de coupe racinaire par des boulettes fécales dont certaines sont subsphériques de couleur brun foncé et d'autres sont de forme irrégulière avec quelques cellules végétales encore distinctes.

8.3.8. M/P6-4

Profil P6, Ferme des Îles, Martigny

Horizon IVCg, 129-130,5cm

Lame verticale, à 124cm en dessous de la surface

Photos 5 (annexe 6.2), 12 (annexe 6.3), 36, 37 (annexe 6.5), 40, 42 (annexe 6.6)



Cette lame est composée d'une alternance de couches qui se différencient principalement par la taille des grains minéraux, l'espace libre entre les grains, et la présence ou non de chenaux et/ou de vides entre les grains. Le bas et le haut de la lame sont très hétérogènes, et on y observe des remplissages de passage en croissant qui sont dus à l'activité de la faune. Par contre, le milieu de la lame présente une alternance de couches très distincte : une première couche de grains minéraux rapprochés de la taille des limons, suivie d'une couche de grains minéraux de la taille des sables, suivie enfin d'une couche identique à la première. De nombreuses coupes transversales et quelques coupes longitudinales de radicelles sont observables sur cette lame, dont la plupart ont subi une altération par fragmentation et brunissement des cellules. Une coupe transversale de racine contient un nombre élevé de boulettes fécales composées uniquement de MO, que l'on peut séparer en deux groupes distincts. Le premier est constitué de boulettes ellipsoïdes brun foncé à bord net, et le deuxième de boulettes de forme irrégulière brun clair à bords rugueux. Des quasicutanes autour des chenaux et des vides, ainsi que des imprégnations de couleur brun-rouille se retrouvent sur toute la lame.

8.3.9. M/P6-6

Profil P6, Ferme des Îles, Martigny

Horizon ASL1, 6-16cm

Lame verticale, à 9cm en dessous de la surface

Photos 24, 25 (annexe 6.4), 27 (annexe 6.5)



Cette lame est assez homogène dans sa composition et dans l'assemblage des constituants. Elle présente une microstructure microagrégée en intergrain, avec des grains minéraux de la taille des sables en majorité mais aussi quelques-uns de la taille des limons, des agrégats organo-minéraux, et des agrégats uniquement organiques dont certains sont composés de boulettes fécales agglomérées. De nombreux débris de tissus et d'organes végétaux altérés par fractionnement et brunissement des cellules sont également uniformément répartis sur toute la lame. Deux nodules typiques sont observables sur cette lame. Ils ont une microstructure interne massive composée de matériel minéral fin, qui tranche nettement avec la microstructure du reste de la lame.

8.4. Discussion

8.4.1. Microstructure et porosité : couches sédimentaires à l'échelle micrométrique

Des couches sédimentaires sableuses et limoneuses sont clairement distinctes sur les lames minces des profils P4 et P6, respectivement n° M/P4-54 et n° M/P6-4 (annexe 6.2 ; photos 1a, 1b, 5a, 5b). Il n'y a donc vraisemblablement pas de redistribution de grains minéraux à l'intérieur de ces deux profils. Ces couches font quelques millimètres d'épaisseur, sont généralement horizontales voire légèrement obliques, et sont quelques fois discontinues sur le plan horizontal, même si la lame ne fait que 2.4cm de largeur. Il est difficile d'imaginer plusieurs crues ayant déposé de si fines couches sédimentaires. Il pourrait s'agir d'une ségrégation des particules selon leur taille, au niveau très local, d'après la vitesse de l'eau lors d'une même décrue. Il est également possible, suite à un dépôt sédimentaire, qu'il y ait une redistribution des particules fines faite par le vent.

Une autre ségrégation des particules selon leur taille est visible lorsque des feuilles se retrouvent piégées dans le sédiment, comme c'est le cas sur la lame n° M/P6-2 (annexe 6.2 ; photos 2a et 2b). Les particules les plus fines se retrouvent sous la coupe de feuille, tandis que les plus grossières occupent le reste du dépôt. De plus, les particules fines sont orientées horizontalement, ce qui indique une sédimentation très lente.

Un dernier point intéressant est la minéralogie, qui permet de déduire la provenance de certains grains minéraux qui constituent les dépôts sédimentaires. Dans le cas du profil P6 (Ferme des Îles, Martigny), de nombreuses spicules de

graphite d'environ 30 à 500µm se retrouvent dans tous les sédiments échantillonnés en lame mince. Elles sont particulièrement visibles dans la lame n° M/P6-2 (annexe 6.2 ; photo 3) ; mais elles ne se retrouvent que dans ce profil. Leur présence nous indique donc qu'une partie des grains constituant les dépôts sédimentaires du profil P6 provient de zones entre Saillon (P1) et le lieu-dit La Ferme des Îles à Martigny (P6), à un endroit où se trouve un dépôt de graphite proche d'un affluent du Rhône.

8.4.2. Dynamique de l'eau dans les sols

La dynamique de l'eau dans les sols peut être interprétée de manière visuelle grâce à l'étude des taches d'oxydo-réduction. Ces taches sont visibles macroscopiquement sur le terrain. Elles sont de couleur brun-rouille pour les taches d'oxydation et de couleur grise pour les taches de réduction, et proviennent d'engorgements temporaires du sol en eau (AFES, 1995). Dans le cas des sols alluviaux, c'est la nappe phréatique qui cause des engorgements temporaires. Pendant les périodes de saturation en eau, le fer est sous forme réduite et mobile, alors que pendant les périodes de non saturation le fer est sous forme oxydée et précipite. Cela forme, après répétition de ce processus, des zones d'accumulation du fer. A l'échelle milli- et micrométrique, ces taches d'oxydation sont visibles sous forme de revêtement (cutane) de couleur brun-rouille sur les grains (annexe 6.3 ; photos 6a, 6b, et 7), d'imprégnation autour des chenaux racinaires (hypo- et quasicutanes) (annexe 6.3 ; photos 8, 9, 10, 11a, et 11b), et d'imprégnation de la micromasse (annexe 6.3 ; photos 12, 13). Ces revêtements et imprégnations sont vraisemblablement composés d'oxy- hydroxydes de fer. Le profil P6 à Martigny est le seul à avoir suffisamment de lames minces pour pouvoir décrire les taches d'oxydation à des profondeurs différentes. La morphologie des dépôts d'oxy- hydroxydes de fer semblent varier en fonction de la microstructure des couches sédimentaires. Ces derniers sont sous forme de cutane sur les grains minéraux quand ceux-ci sont espacés (distribution relative : monic à simple et double espacement) et de la taille de sables. En revanche, lorsqu'il y a des chenaux racinaires et que les grains minéraux sont fins ou de la taille des sables mais très peu espacés (monic rapproché), les oxy- hydroxydes de fer se déposent de manière préférentielle autour et à la surface des chenaux racinaires. Pour finir, lorsque la couche sédimentaire est uniforme et constituée de grains minéraux fins, ces dépôts sont sous forme d'imprégnation en tache de la micromasse. Dans le cas du profil P6, les taches d'oxydation sont visibles à partir de 43cm en dessous de la surface jusqu'à la grève alluviale à 202cm. La nappe phréatique a donc une très grande amplitude à cet endroit.

8.4.3. Agrégats et matériel organique grossier : fonctionnement biologique des horizons

Des cinq lames qui contiennent des agrégats organiques ou organo-minéraux et du matériel organique grossier, trois groupes se distinguent. Le premier est constitué des horizons de surface du profil P1 (Saillon) et du profil P6 (Ferme des Îles, Martigny), c'est-à-dire les lames n° M/P1-21 et n° M/P6-6 (annexe 6.4 ; photos 16 et 24). Sur le terrain, ces deux horizons ont été définis comme étant des horizons A de labour. Leur microstructure semble confirmer ce diagnostic : il y a beaucoup d'agrégats organo-minéraux entre les grains avec une tendance à une

microstructure massive, la matière minérale fine est mélangée à la MO, et de gros débris végétaux peu fragmentés sont répartis assez uniformément. L'activité biologique de ces deux horizons est donc élevée puisqu'ils sont biomacrostructurés et qu'un complexe argilo-humique s'est très probablement formé. Pour l'horizon de P1, des biosphéroïdes attestent même de la présence et de l'activité des vers de terre (Becze-Deák et al., 1997). Mais les gros débris végétaux sont en contradiction avec cette bonne activité biologique et le reste de la lame qui est de microstructure assez homogène. Ces débris proviennent vraisemblablement du labour qui est effectué sur les premiers 20 à 40cm du sol. En effet, le labour brasse la terre et enfouit les débris végétaux de surface très peu altérés.

Le second groupe est constitué de deux horizons : celui qui se trouve en surface du profil P5 (lac de la Brèche, Sierre), et un horizon se trouvant à 164cm de profondeur du profil P6 (Ferme des Îles, Martigny), c'est-à-dire les lames n° M/P5-10 et n° M/P6-3 (annexe 6.4 ; photos 18 et 19). La microstructure y est beaucoup plus lâche que dans le groupe précédent, avec des agrégats organiques et organo-minéraux entre les grains. Mais cette fois les agrégats sont clairement distincts des grains de sable (sable moyen à grossier), ils sont moins nombreux, ils sont petits (50 à 200µm), et ils contiennent beaucoup moins de matériel minéral fin mélangé à la MO. Aucune trace de l'activité des vers de terre n'a été observée. L'activité biologique y est donc moins élevée, ce qui diminue fortement la formation du complexe argilo-humique et qui ne permet pas la macrostructuration du sol (AFES, 1995). Ces deux horizons correspondent à un A de juxtaposition, diagnostic qui confirme la description sur le terrain.

Le dernier groupe ne comprend qu'un horizon, qui se distingue très nettement des autres. Il s'agit d'un horizon organique enfoui à 182cm de profondeur du profil P6 (Ferme des Îles, Martigny), qui correspond à la lame n° M/P6-1 (annexe 6.4 ; photos 22 et 23). Ce sont ici des macrorestes organiques qui forment la microstructure de l'horizon. Il s'agit principalement de coupes de feuilles (déterminée grâce à la nervure centrale) qui sont empilées les unes sur les autres avec d'autres macrorestes organiques et des grains minéraux entre deux, ce qui forme une microstructure laminée. Quelques coupes de feuille sont intactes, mais d'autres feuilles ainsi que d'autres macrorestes sont fragmentés en quelques gros éléments. De la matière organique fine ainsi que des grains minéraux se trouvent également entre les débris végétaux. Il s'agit donc très probablement d'une litière dont les éléments sont déjà en partie fragmentés, c'est-à-dire d'un horizon OF d'après le Référentiel Pédologique (AFES, 1995). Les grains minéraux proviennent vraisemblablement de la crue qui a recouvert cet horizon d'un dépôt sédimentaire. Cet événement a sans doute également brassé la litière avec l'horizon qui se trouvait en dessous, car une partie de la lame présente des agrégats organo-minéraux entre les grains, donc plutôt la trace d'un horizon organo-minéral A.

8.4.4. Boulettes fécales : interprétation de la faune active

Les deux horizons de surface des profils P1 et P6 contiennent le même type de boulettes fécales (annexe 6.5 ; photos 26 et 27). Celles-ci appartiennent aux oribates et aux collemboles d'après la littérature (Babel, 1975 ; Rusek, 1985), qui

sont plutôt actifs dans les horizons de litière (Pawluk, 1987 ; Rusek, 1985). Mais ces boulettes fécales font partie, pour la plupart, des agrégats organo-minéraux et des agrégats organiques d'un horizon biomacrostructuré, ce qui veut dire qu'elles ont été reprises par des décomposeurs secondaires. Le turnover semble donc rapide puisque la MO est ingurgitée plusieurs fois. L'activité de la faune correspond ici à un humus de type Mull (Jabiol et al., 1995).

L'horizon de surface de P5 et celui enfoui à 164cm de profondeur de P6 présentent également des boulettes fécales similaires (annexe 6.5 ; photos 28 et 29). En fait, une grande partie de la MO qui se trouve entre les grains semble être composée de déjections d'oribates, de collemboles et d'enchytréides (Babel, 1975 ; Rusek, 1985). L'horizon de P6 contient en plus une grosse déjection de forme clonocylindrique qui proviendrait d'une larve de diptère, plus précisément d'une larve d'Adelidae ou de Biobionidae (Stoops, 2003) (annexe 6.5 ; photo 30). Tous ces animaux sont actifs dans les litières (Babel, 1975 ; Rusek, 1985), mais dans le cas de ces deux horizons, les déjections s'accumulent entre les grains minéraux. Ce type de faune, où l'activité des microarthropodes domine, indique un turnover moins rapide de la MO, ce qui limite la formation de complexes argilo-humiques. Il y a peu de brassage de la MO, et cette dernière s'accumule entre les grains minéraux pour former un horizon A de juxtaposition (Jabiol et al., 1995 ; Gobat et al., 2003). L'activité de cette faune mène généralement à la formation d'un humus de type Oligomull ou Moder d'après les conditions locales (bonne percolation de l'eau, basse altitude, précipitations moyennes) (Jabiol et al., 1995 ; Pawluk, 1987).

Différentes boulettes fécales se retrouvent dans l'horizon enfoui à 182cm de profondeur du profil P6 (annexe 6.5 ; photos 32a, 32b, 33a, et 33b). La plupart appartiennent aux oribates, mais des déjections de diptère et de vers épigés sont également visibles (Babel, 1975). Ces trois groupes sont actifs dans les premiers horizons de surface des litières et dans les litières des sols très jeunes ; ils fragmentent et squelettisent les débris végétaux qui composent la litière (Rusek, 1985). Cela concorde avec l'analyse des débris végétaux du même horizon qui a mené à l'hypothèse d'un horizon OF.

Malgré le fait qu'ils soient uniquement minéraux, plusieurs horizons de P6 contiennent des boulettes fécales en amas très locaux (annexe 6.5 ; photos 34, 35, 36a, et 36b). Il s'agit des lames M/P6-2, M/P6-4 et M/P6-7, qui proviennent toutes d'horizons de profondeur. La première lame contient des boulettes fécales assez altérées (fragmentation, coalescence), mais qui pourraient correspondre aux oribates ; elles sont toutes regroupées à un seul endroit. La deuxième lame contient une coupe longitudinale d'apex racinaire fragmentée qui est remplie de déjections d'oribates et vraisemblablement d'enchytréides, même si ces dernières sont difficiles à identifier clairement. Ces deux groupes d'animaux, surtout les oribates, se retrouvent fréquemment dans les cavités de racines ou d'aiguilles de conifères (Jabiol et al., 1995 ; Rusek, 1985). La dernière lame contient un amas de déjections d'oribates et de collemboles.

Il n'est pas forcément surprenant de retrouver des boulettes fécales dans un horizon minéral, tant qu'il y a un horizon holorganique ou organo-minéral sus-jacent. En effet, la faune du sol enfouit de la MO en profondeur par son action de brassage, suit les racines tout en les consommant, et laisse donc des déjections sur

son passage. Une zone de bioturbation en forme de galerie (pédotubule en croissant) sur la troisième lame confirme cette hypothèse (annexe 6.5 ; photo 37).

8.4.5. Coupes de radicelles : indices de la végétation

Trois lames minces contiennent des coupes de radicelles dont la détermination est possible. La plupart des autres coupes sont trop altérées. La première lame correspond à l'horizon enfoui à 182cm du profil P6 (lame n° M/P6-1). Les canaux vasculaires des deux coupes présentes sur cette lame ont des perforations scalariformes, leurs cellules sont grosses, nombreuses, et alignées par groupe de 5-7 cellules contiguës (annexe 6.6 ; photos 38, 39a, et 39b). D'après le Prof. Philippe Küpfer (communication personnelle), il s'agit de coupes de racines d'aulne. L'espèce n'a pas pu être déterminée, mais cela nous indique déjà quel type de végétation se trouvait à proximité de cet horizon lorsque ce dernier se trouvait en surface. L'aulne est un arbre habituel des forêts alluviales régulièrement et/ou ponctuellement inondées par les crues (Delarze et al., 1998).

De nombreuses coupes de radicelles assez fines (0.1-1mm de diamètre) sont visibles sur les lames M/P6-4 et M/P6-7, qui correspondent à deux horizons contigus et enfouis à 129cm de profondeur du profil P6 (annexe 6.6 ; photos 40, 41, 42a, 42b, 43a, et, 43b). Ces coupes sont malheureusement altérées ce qui empêche la détermination jusqu'au niveau du genre. Mais d'après le Prof. Philippe Küpfer (communication personnelle), il s'agit vraisemblablement de radicelles de plantes herbacées monocotylédones. Les coupes sont toutes transversales et bien distribuées sur les deux lames, ce qui fait penser à des radicelles en place, c'est-à-dire péné-contemporaines au sédiment. Mais aucun débris foliaire n'est visible. Une hypothèse serait la mise en place d'une végétation herbacée de type Cyperaceae, Juncaceae, ou Poaceae pendant une période calme sans nouveau dépôt de sédiment. Puis une crue aurait décapé les horizons de surface ainsi que les débris foliaires. Il ne resterait donc plus que les radicelles d'un ancien sol jeune en formation.

8.4.6. Interprétation des horizons organiques enfouis : écologie de leur formation

Il y a quatre sols distincts superposés dans le profil P6 au lieu dit la Ferme des Îles, Martigny, dont trois sont enfouis. Il s'agit donc de trois sols qui ne sont plus en contact avec la surface et dont les conditions de développement initiales ont disparu. D'après les macrorestes organiques, les boulettes fécales, la granulométrie, et la microstructure des horizons échantillonnés en lame mince, il est possible de poser l'hypothèse de l'écologie de leur formation. De plus, certains horizons sont comparables à des horizons de surface qui ont également été échantillonnés. Le tableau en annexe 6.7 résume les caractères principaux de tous les horizons échantillonnés dans le profil P6.

D'après les nombreuses coupes transversales de feuilles et les autres fragments de végétaux, l'horizon VIII_{Ag} (lame n° M/P6-1) qui se trouve à 182cm en dessous de la surface, est une litière. Celle-ci est déjà fragmentée. De plus, les boulettes fécales sont le témoin d'une faune composée principalement de microarthropodes, qui est spécifique à la fragmentation de la litière. Les coupes racinaires attestent la présence d'aulnes à proximité du profil donc témoignent

d'une végétation typique des zones alluviales. Il pourrait s'agir d'une aulnaie noire, d'une aulnaie alluviale ou d'une frênaie humide (Delarze et al., 1998). Selon la classification de ces auteurs, l'aulnaie noire est une forêt régulièrement inondée mais non exposée aux alluvionnements. La couleur noire de cet horizon, sa parfaite conservation et la faible activité de la faune pourraient être dues aux conditions d'anoxie de ce milieu. Mais le cas d'une aulnaie alluviale est également imaginable car cette forêt résiste aux alluvionnements. Dans le cas de cette hypothèse, la litière aurait donc été préservée suite à son enfouissement par un nouveau dépôt sédimentaire. D'après les travaux de reconstitution historique des forêts riveraines et des marais dans la plaine du Rhône effectués par Posse (1997), des forêts riveraines auraient été décrites à cet endroit en 1915, ce qui était la dernière hypothèse. Mais, étant donné qu'aucune datation n'a été effectuée dans le cadre de cette étude, aucune des deux hypothèses ne peut être acceptée définitivement.

Le deuxième horizon enfoui, l'horizon VIAg (lame n° M/P6-3), est radicalement différent. Comme discuté précédemment, les boulettes fécales et la microstructure de cette lame indiquent que l'on est en présence d'un horizon A de juxtaposition. Ce dernier ressemble en tous points à celui du profil P5 qui se trouve en surface. Le tableau en annexe 6.8 permet de comparer les principaux caractères de ces deux couches. L'horizon du profil P5 fait partie d'un sol jeune, sableux, peu évolué, dont les horizons ne sont pas très différenciés, dont la MO n'a pas subi de fortes transformations, et dont les horizons de surface ne sont pas biomacrostructurés. Il est donc raisonnable de penser que l'horizon enfoui du profil P6 se soit développé avec les mêmes contraintes et dans le même genre de milieu. Par contre, aucun indice ne permet de reconstituer la végétation contemporaine à cet horizon.

Les deux couches sédimentaires IVCg et VCg du profil P6 (lames M/P6-4 et M/P6-7) sont à considérer ensemble puisqu'elles présentent les mêmes caractères. Les indices donnés par les coupes de racelles, par les boulettes fécales, et par les zones de bioturbation tendent à démontrer l'existence passée d'un horizon holorganique ou organo-minéral sus-jacent à ces deux couches sédimentaires. Cet horizon de surface aurait été décapé par une crue qui aurait, de plus, emporté tous les débris végétaux et aurait déposé une nouvelle couche sédimentaire. Avec les coupes racinaires à disposition, il est malheureusement impossible de donner une hypothèse sur le type de formation végétale péné-contemporaine à ces dépôts.

9. CARTOGRAPHIE

9.1. Introduction

Les Systèmes d'Information Géographiques (SIG) ont connu une évolution importante ces dernières années. Ils sont devenus plus faciles d'utilisation, avec pour conséquence une disponibilité et une valorisation plus grande de l'information (Sartori et al., 2006). Les cartes topographiques et géologiques sont peu à peu proposées à des formats utilisables par les SIG. Au fur et à mesure des études, des documents historiques, qui n'étaient disponibles que sous format papier, sont digitalisés et incorporés à ces systèmes. Malheureusement, la somme de travail qu'induisent les projets de SIG, ainsi que les problèmes de compatibilité entre les systèmes, décourage l'échange des résultats.

Par chance, le Service des Routes et Cours d'Eau - Projet Rhône de l'Etat du Valais, possède une copie numérisée et géoréférencée d'une carte datant de 1802, qui couvre la zone d'étude de Brigue au Bouveret (annexe 7.1). Cette carte très détaillée (1:5'000), appelée plan Napoléon, avait pour but à l'époque de sa réalisation de proposer au gouvernement français les améliorations à apporter à la route qui conduit au col du Simplon (Lechevalier, 2005).

Mais, en plus de ce plan extraordinaire, une étude très complémentaire au présent travail a été réalisée par Paulmier (2004). Cette étude est elle-même fondée sur les travaux de thèse de Christine Weber et Flavio Zanini (Zanini et al., 2007). Le travail d'Elodie Paulmier, intitulé «Evolution de la qualité écologique des paysages de la plaine du Rhône sur la base d'une analyse spatiale de cartes historiques», propose, entre autres, des cartes d'occupation des sols de la plaine du Rhône en 1850, 1900, 1950 et 2003. Ces cartes sont très intéressantes, car elles regroupent des informations historiques primordiales à la compréhension de l'évolution des sols de la plaine.

9.2. Matériel et méthodes

Ce chapitre a pour but de proposer des cartes de la plaine, et de pouvoir visualiser les données obtenues dans le chapitre 4. Chaque sondage à la tarière est représenté géographiquement, et les différents groupes de sols obtenus par classification des sondages (chapitre 4.4 Fig. 11) sont illustrés par des couleurs différentes (annexes 7.2 à 7.16). Les individus dans lesquels la grève n'a pas été atteinte ne sont pas utilisés pour la classification.

Le logiciel ArcGis® (version 9) a servi de système SIG pour ce travail. Les détails de son utilisation ne sont pas spécifiés dans ce chapitre, car une grande partie du matériel utilisé a été fourni par l'Etat du Valais et Elodie Paulmier. Le plan Napoléon et les cartes d'occupation du sol de la plaine du Rhône en 1850, 1900, 1950 et 2003 sont intégrées au projet.

9.3. Résultats

Il convient de rester prudent quant aux résultats de ce chapitre. Les cartes actuelles sont très exactes, mais les cartes du 19^{ème} et du début du 20^{ème} siècle ne peuvent rivaliser de précision. Pour diverses raisons, des variations de l'ordre de dizaines de mètres, voire plus de cent mètres parfois, sont constatées entre les cartes de 1850 et 2003 (Paulmier, 2004 ; Zanini, 2007). La superposition de la limite de la plaine du Rhône avec le plan Napoléon confirme l'erreur importante présente sur ces anciens relevés à certains endroits de la plaine (Finges par exemple).

9.3.1. Station 1. Martigny (annexes 7.2 et 7.3)

Sondages T1 à T12 (12 individus), dont :

Groupe de sols 1 : 5 individus

Groupe de sols 2 : 5 individus

Groupe de sols 5 : 1 individu

Grève pas atteinte : 1 individu

Les sols de la station 1 sont principalement classés dans les groupes de sols 1 et 2. Le profil P6, illustré par le sondage T7, appartient au groupe de sols 1.

9.3.2. Station 2. Saillon (annexes 7.4 et 7.5)

Sondages T25 à T33 (8 individus), dont :

Groupe de sols 1 : 1 individu

Groupe de sols 2 : 4 individus

Groupe de sols 4 : 1 individu

Grève pas atteinte : 3 individus

Les sols de la station 2 sont classés dans le groupe 2. Le profil P1, illustré par le sondage T28, appartient au groupe de sols 2.

9.3.3. Station 3. Aproz (annexes 7.6 et 7.7)

Sondages T34 à 42 (8 individus), dont :

Groupe de sols 1 : 2 individus

Groupe de sols 2 : 4 individus

Groupe de sols 5 : 1 individu

Grève pas atteinte : 1 individu

La station 3 présente surtout des sols appartenant au groupe 2.

9.3.4. Station 4. La Brèche, Sierre (annexes 7.8 et 7.9)

Sondages T13 à T24 (11 individus), dont :

Groupe de sols 1 : 1 individu

Groupe de sols 2 : 5 individus

Groupe de sols 3 : 2 individus

Groupe de sols 4 : 1 individu

Groupe de sols 5 : 3 individus

Tous les groupes de sols sont représentés dans cette station, mais les groupes 2 et 5 dominant. Le profil P5, illustré par le sondage T18, appartient au groupe de sols 3.

9.3.5. Station 5. Finges (annexes 7.10 et 7.11)

Sondages T43 à T61 (19 individus), dont :

Groupe de sols 1 : 4 individus

Groupe de sols 3 : 2 individus

Groupe de sols 4 : 10 individus

Groupe de sols 5 : 3 individus

Tous les groupes de sols, excepté le 2, sont illustrés à cet endroit. Les 10 individus du groupe 4 constituent la majorité absolue des sondages de la station.

9.3.6. Station 6. Tourtemagne (annexes 7.12 et 7.13)

Sondages T70 à T76 (6 individus), dont :

Groupe de sols 1 : 4 individus

Grève pas atteinte : 3 individus

Cette station est la seule à n'être illustrée que par un seul groupe de sols, le groupe 1. Le profil P4 appartient au groupe de sols 1. Il est normalement illustré par le sondage T75, mais ce dernier, qui n'atteint pas la grève alluviale ne fait partie d'aucun groupe de sols. C'est donc le sondage T71 qui explique les groupes pour ce profil.

9.3.7. Station 7. Rarogne (annexes 7.14 et 7.15)

Sondages T77 à T90 (13 individus), dont :

Groupe de sols 1 : 5 individus

Groupe de sols 2 : 4 individus

Groupe de sols 3 : 1 individu

Groupe de sols 4 : 2 individus

Groupe de sols 5 : 1 individu

Grève pas atteinte : 1 individu

Les groupes de sols 1 et 2 composent l'essentiel des sondages effectués sur la station. Le profil P3, illustré par le sondage T87, appartient au groupe de sols 5.

9.3.8. Station 8. Selkingen (annexe 7.16)

Sondages T62 à T69 (8 individus), dont :

Groupe de sols 1 : 1 individu

Groupe de sols 2 : 1 individu

Groupe de sols 4 : 5 individus

Groupe de sols 5 : 1 individu

La station 8 a une majorité des sondages appartenant au groupe 4.

9.4. Discussion

9.4.1. Station 1. Martigny (annexes 7.2 et 7.3)

La prépondérance des groupes de sols 1 et 2 à Martigny indique la présence d'une zone fortement anthropisée. Les caractéristiques des groupes supposent des crues d'intensité moyenne (décennales ou centennales) mais qui charrient beaucoup de matériaux à la fois (chapitre 4.4). Ces éléments et le sondage T6, plus éloigné que les autres du cours du Rhône et dont la grève n'a pu être atteinte, suggèrent un lit principal du fleuve assez stable latéralement.

Profil P6, sondage T7, groupe de sols 1

Le profil P6 est polyphasé. En 1802, il est situé en zone alluviale active, puis avant 1900, il passe en zone forestière, et il est actuellement en zone agricole. On note la présence d'anciennes zones agricoles dans les alentours immédiats du profil, et d'un marécage disparu entre 1900 et 2003 au nord-ouest de celui-ci (T10).

9.4.2. Station 2. Saillon (annexes 7.4 et 7.5)

La station est dominée par des sols agricoles (groupe de sols 2, chapitre 4.4). Après analyse des cartes, il paraît raisonnable de supposer que les sols du groupe 4 ont changé de classe sous l'influence de l'Homme (labour), pour se ranger dans le groupe 2. En deux cents ans, toutes les zones naturelles sont devenues des terrains agricoles, et le labour a homogénéisé les couches de surface des sols. De plus, le sondage T26, dont l'occupation du sol n'a pas changé au moins depuis 1900 (forêt), est le témoin d'une ancienne zone alluviale très active. Les connaissances historiques (les Grands Glariers) (Posse, 1997) et le plan Napoléon confirment ces observations. Les relevés de 1802 et les sondages T32 et T33 portent à conclure que cette ancienne zone alluviale s'étendait en aval du relevé T32, et que le cours du Rhône est stable en amont de cette station depuis plusieurs siècles.

Profil P1, sondage T28, groupe de sols 2

L'histoire du profil P1 est simple : une zone agricole a été gagnée sur la zone alluviale active des Grands Glariers (probablement lors de la 1^{ère} correction du Rhône), et ce profil s'est retrouvé en zone agricole. L'utilisation du sol n'a pas changé depuis. Il est intéressant de constater qu'une partie des rideaux abris à l'ouest du profil est une relique de la forêt alluviale primitive, déjà dessinée sur le plan Napoléon. Ce morceau de forêt est, à cet endroit, le seul vestige naturel de la plaine de 1900.

9.4.3. Station 3. Aproz (annexes 7.6 et 7.7)

A nouveau, la station est dominée par des sols agricoles, inchangés depuis 1900. A cet endroit, le cours du Rhône a très peu varié. Les sondages qui s'éloignent un tant soit peu du lit du fleuve n'atteignent pas la grève alluviale, et témoignent de cette constance. Les sondages du groupe 1 (T35 et T40) confirment la stabilité de cours d'eau, car ils indiquent l'occurrence de crues décennales ou centennales. Finalement le sondage T41, du groupe 5 (sols polyphasés), pourrait bien être le

témoin de colluvionnement ou d'alluvionnement par la rivière affluente du Rhône, la Printze. Mais il est difficile d'interpoler la dynamique de mise en place des sols de ce groupe car les macrorestes (caractéristiques pour leur classification) peuvent également être enfouis par le labour (chapitre 4).

9.4.4. Station 4. La Brèche, Sierre (annexes 7.8 et 7.9)

Les groupes de sols 5 et 2 sont les plus nombreux dans cette grande station. Une fois de plus, le type agricole est prépondérant. Mais on observe encore, à cet endroit de la plaine, une grande diversité de sols. Les cinq groupes y apparaissent disséminés. Le plan Napoléon et la variété des sondages témoignent d'une ancienne zone alluviale très diversifiée.

Profil P5, sondage T18, groupe de sols 3

Le profil P5 est situé sur une ancienne zone agricole. Au nord de celui-ci se trouve une zone agricole devenue un marécage, et au sud une zone agricole transformée en forêt, avec des bras secondaires du Rhône.

9.4.5. Station 5. Finges (annexes 7.10 et 7.11)

Pour la première fois dans une station de la plaine, tous les groupes de sols sont décrits, excepté le groupe 2 des sols anthropisés. Finges est une station particulière, car elle se situe dans une zone alluviale encore partiellement active aujourd'hui. L'utilisation des sols a peu varié depuis 1802. La trace de toutes les dynamiques alluviales, illustrées par les groupes, est enregistrée dans les sols de cette station. Ces derniers ne reflètent pas forcément la dynamique actuelle du fleuve, puisque des digues en modifient la dynamique. Mais les dépôts sédimentaires et les horizons pédologiques ont été moins perturbés à Finges qu'ailleurs dans la plaine.

9.4.6. Station 6. Tourtemagne (annexes 7.12 et 7.13)

Tourtemagne est une région très agricole. L'utilisation des sols n'a pratiquement pas varié dans la zone étudiée depuis 1900, et sur le plan Napoléon on observe déjà la présence de champs à cette période. On y trouve des sols profonds (3 sondages qui n'ont pas atteint la grève alluviale) et des sols avec une sédimentation régulière dans l'espace et le temps (groupe 1). Visiblement, ce morceau de plaine n'a jamais été une zone alluviale très active. Le fleuve y débordait (Wild, 1800) sur toute la largeur de la plaine en période de hautes eaux, mais sans causer de ravages. Au contraire, les sondages ont mis en évidence des textures fines dans des lits sédimentaires plutôt épais. L'Homme a très certainement joué un rôle important dans la formation des sols et le comblement des irrégularités du relief de la plaine. Des meunières sont, encore de nos jours, utilisées pour forcer la sédimentation.

Profil P4, sondage T71, groupe de sols 1 (T75)

Le profil P4 illustre parfaitement les sols de la zone, qui sont profonds et composé de dépôts sédimentaires de granulométrie fine.

9.4.7. Station 7. Rarogne (annexes 7.14 et 7.15)

Comme dans la station 1 à Martigny, cette partie de la plaine est surtout constituée de sols des groupes 1 (sédimentation régulière dans l'espace et dans le temps) et 2 (anthropisés). Mais tous les groupes de sols y sont représentés. Ils attestent d'une ancienne zone alluviale active, du type de celle de Saillon (station 2), largement mise en culture avant le début du 20^{ème} siècle déjà.

Profil P3, sondage T87, groupe de sols 5

Entre 1900 et 2003 le profil P3 a toujours été situé en zone agricole.

9.4.8. Station 8. Selkingen (annexe 7.16)

Aucune des cartes à disposition pour les autres stations ne monte aussi haut dans la vallée du Rhône. Selkingen est situé dans sa partie supérieure, à quelques 25 kilomètres en amont de Brigue. Le groupe 4, typique des zones alluviales très actives, est largement dominant à cet endroit, mais les autres groupes sont aussi présents. Le groupe 3 est le seul exclu, mais la situation morphologique de la vallée, très étroite à la hauteur de la réserve naturelle de Zeiterbode, et la petite taille de la zone alluviale ne permettent pas vraiment de couper des sols de la dynamique du fleuve (sauf sur les terrasses fluviatiles). Le sondage T63, classé dans le groupe 2, illustre les imprécisions des traitements statistiques. Il n'a pas d'horizon de labour, mais est classé dans ce groupe à cause des matériaux grossiers présents de la grève alluviale à la surface.

10.DISCUSSION GENERALE

Les résultats obtenus dans le cadre de ce travail sont aussi nombreux que variés. Afin d'en faire une synthèse aussi claire et compréhensible que possible, ce chapitre est structuré en six parties. Les cinq premières parties abordent chacune une station décrite dans la plaine du Rhône, lorsque cette dernière est illustrée par un profil. La dernière partie présente une discussion plus générale sur l'ensemble de la plaine. Il est toutefois important, à ce stade de la discussion, de mentionner encore une fois le problème d'échelle lié à la description d'une plaine alluviale. Comme mentionné dans l'introduction générale (chapitre 1), les outils d'analyse sont généralement limités à la description d'un niveau précis de la plaine. En effet, l'interprétation des résultats concernant les horizons, les couches sédimentaires, ainsi que les profils permet une description de la plaine au niveau des unités fonctionnelles et des ensembles fonctionnels (Petts et Amoros, 1996), c'est-à-dire au niveau d'une zone particulière comme un méandre ou, encore plus localement, comme une lande ou une forêt. Grâce à la classification des sols et à la cartographie, il est possible de décrire la plaine à un niveau plus élevé, au niveau de grands secteurs géodynamiques ou alors dans sa totalité. Cela correspond aux secteurs fonctionnels proposés par Petts et Amoros (1996).

10.1. Station 1. Martigny

Profil P6, illustré sur les cartes par le sondage T7

Sondages T1 à T12

Au lieu dit La ferme des Îles, la mise en place du sol décrit à cet endroit est caractérisée par plusieurs phases de stabilité, entrecoupées par plusieurs phases de sédimentation. Suite au dépôt de galets et de graviers, une courte période de stabilité a permis la formation d'une litière de type moder sans horizon organo-minéral sous-jacent, et le développement d'une végétation typique des zones alluviales. L'évolution de ce sol en formation a été arrêtée par l'apport de plusieurs dépôts successifs, dus à des crues d'intensité moyenne mais assez régulières dans le temps et dans l'espace. Une autre phase de stabilité, de plus longue durée, a permis la formation d'un horizon A, mais avec une faible activité biologique. Les dépôts qui ont recouvert cet horizon proviennent de crues plus importantes, mais toujours régulières dans l'espace et dans le temps. Le sol actuellement en développement est marqué par le labour, avec un turnover élevé de la matière organique. Le temps qui le sépare de la dernière sédimentation alluviale a été suffisamment long pour permettre la macrostructuration de l'horizon de surface et la légère structuration des couches sous-jacentes en un horizon S.

L'utilisation des sols dans cette zone a plusieurs fois été modifiée depuis 1800. A cet endroit, le Rhône a un chenal unique qui est vraisemblablement assez stable déjà en 1800, et ce sont des zones de marais et des forêts qui occupent cette partie de la plaine à l'époque. Les marais sont ensuite asséchés entre 1850 et 1900, et font place à des forêts. Ces dernières sont finalement transformées en zone agricole entre 1900 et 1950, et le restent jusqu'à aujourd'hui pour une grande partie d'entre elles.

10.2.Station 2. Saillon

Profil P1, illustré sur les cartes par le sondage T28

Sondages T25 à T33

La mise en place des sols dans la région des Grands Glariers varie fortement au sein d'une zone assez restreinte. Elle reflète une ancienne dynamique alluviale active ainsi qu'une grande modification de l'utilisation du sol au cours des deux derniers siècles. A l'endroit où le profil a été décrit, les sols sont dominés par des dépôts sableux. Ces derniers ont été déposés par des crues d'énergie de flux moyenne, mais qui ont laissé des quantités importantes de matériaux. Les sols actuellement en formation ont évolué pendant une période suffisamment longue pour permettre la macrostructuration de l'horizon de surface, mais la texture sableuse a vraisemblablement empêché la structuration polyédrique des couches sous-jacentes. Comme pour la station 1, les sols de cette zone ont été très nettement modifiés par l'Homme, qui a labouré les couches de surface.

D'après le plan Napoléon de 1802, cette zone est marquée, à cette période, par l'influence du fleuve qui se divise en de nombreux bras secondaires (annexe 7.4). Les milieux naturels sont très variés ; des bancs de galets et de sables, des marais, des forêts, et quelques zones agricoles forment le paysage de cette époque. La première correction du Rhône modifie drastiquement le cours du fleuve, en le limitant à un seul chenal rectiligne. Les forêts occupent ensuite toute la zone, mais quelques marais persistent jusqu'en 1950. Les sols sont actuellement principalement utilisés à une fin agricole, s'ils ne sont pas en zone urbaine.

10.3.Station 4. La Brèche, Sierre

Profil P5, illustré sur les cartes par le sondage T18

Sondages T13 à T24

La mise en place du sol décrit à cet endroit est très nettement différente de celle des autres profils. Elle découle d'une seule crue de forte intensité, qui a déposé, au-dessus de la grève, une couche de matériaux sableux assez grossiers. Le profil est certainement très proche du cours d'eau au moment de ce dépôt. La suite de l'histoire de ce profil a semble-t-il disparu avec l'exploitation de la gravière. Cette dernière est vraisemblablement à l'origine de la formation de surface de ce profil, et le sol qui se forme actuellement sur ce dernier dépôt est encore peu évolué. L'activité de la faune y est faible, ce qui conduit à une accumulation de matière organique peu fragmentée et transformée. Le profil a gardé les traits typiques d'un sol alluvial jeune.

Le plan Napoléon, datant de 1802, confirme la présence d'une zone alluviale active à l'endroit de cette station (annexe 7.8). Le cours Rhône s'y divise en plusieurs bras secondaires, ce qui crée une diversité de milieux naturels importante. Par la suite, la première correction a également limité le cours du Rhône en un tracé unique et rectiligne, ce qui a profondément modifié la dynamique des milieux naturels. Dès 1850, les forêts gagnent les terrains

anciennement en zone alluviale, puis l'agriculture devient l'occupation principale du sol de cette station dès 1900. A partir de 1950, l'urbanisation gagne rapidement du terrain et morcelle fortement le paysage. Une grande zone de marais apparaît suite à la première correction du Rhône. Il s'agit de la réserve naturelle de Poutafontana, encore actuellement marécageuse.

10.4.Station 6. Tourtemagne

Profil P4, illustré sur les cartes par le sondage T75

Sondages T70 à T76

La mise en place des sols de cette station est comparable à celle de la station 1 à Martigny. La sédimentation y a été régulière dans l'espace et dans le temps, les dépôts étant dus à des crues d'énergie de flux moyenne, ponctuelles mais assez régulières. L'étude des dépôts sédimentaires effectuée à un endroit précis, révèle trois périodes de sédimentation particulières. Les crues qui déposent les premières couches de sédiments au dessus de la grève sont d'intensité faible. Celles qui déposent les couches sus-jacentes sont d'intensité encore plus faible, mais constituent une suite de nombreux petits événements de sédimentation. L'étude des cartes témoignant de la présence de zones agricoles dès 1850, nous avançons l'hypothèse d'une sédimentation forcée à cet endroit. En effet, l'utilisation de meunières pour l'irrigation des champs, encore visible actuellement dans certaines zones du Haut Valais, amène, en plus de l'eau, des dépôts de limons en couches très fines et régulières (Fig. 21 et Fig. 22). Il est également probable que, suite à la première correction du Rhône, la plaine ait été égalisée par une sédimentation forcée. Les couches sédimentaires et l'horizon organo-minéral de surface témoignent de l'utilisation agricole actuelle du sol.



Fig. 21. Irrigation des prés à Rarogne (station 7), à l'aide de meunières (avril 2007).

Le plan Napoléon confirme la dynamique de mise en place des sols, décrite grâce à la classification des sols et à l'étude des dépôts sédimentaires. Le Rhône n'est constitué, en 1802, que d'un bras principal. Le reste de la plaine, à l'endroit de cette station, est constituée de marais et de zones agricoles, et se situe en zone basse par rapport au cours du fleuve. En effet, lors d'une crue, annuelle ou décennale d'après le rythme du fleuve à cet endroit (Posse, 1997), la plaine est généralement entièrement inondée. Suite à la décrue, l'eau stagne dans la plaine, ce qui forme des zones marécageuses. Cette station est actuellement encore constituée majoritairement de zones agricoles.

10.5. Station 7. Rarogne

Profil P3, illustré sur les cartes par le sondage T87

Sondages T77 à T90

La classification des sondages de cette station témoigne d'une grande diversité de mise en place des sols. Cela suggère la présence, à cet endroit, d'une zone alluviale active, semblable à celle de la station 2 à Saillon. L'étude des sédiments du profil révèle, en revanche, une mise en place semblable à celle du profil P4 de Tourtemagne, c'est-à-dire de sédimentation tout d'abord régulière, puis ensuite forcée due à l'irrigation de la plaine au moyen de meunières. Toutefois, le nombre d'événements sédimentaires étant moins élevé qu'à Tourtemagne, la sédimentation forcée semble plus récente dans la région de Rarogne. Les sols actuellement en évolution témoignent de l'activité agricole, très présente encore aujourd'hui.

L'étude cartographique confirme la présence d'une zone alluviale active à l'endroit de cette station en 1802, et la présence de milieux naturels variés, ainsi que de quelques zones agricoles. La zone alluviale occupe, à ce moment-là, presque toute la largeur de la plaine, mais elle diminue fortement suite à la première correction du Rhône. Le fleuve est alors limité en un tracé rectiligne, et les zones agricoles remplacent les zones alluviales. Entre 1950 et 2003, les zones urbaines sont en pleine expansion. Elles occupent actuellement presque toute la largeur de la plaine, dès Viège en direction de Brigue. L'agriculture d'aujourd'hui témoigne encore, à certains endroits, de la dynamique alluviale active antérieure aux corrections du Rhône. En effet, la grève alluviale étant très proche de la surface aux endroits où se trouvaient les nombreuses barres de galets et de graviers, l'activité agricole ne peut être qu'extensive. De nombreuses prairies maigres, ou des prairies de fauche extensives remplacent, à ces endroits, les cultures céréalières et les prairies grasses. Lors des périodes de sécheresse, ces zones sont très bien visibles, car la couverture herbeuse souffre tout de suite du manque d'eau dû à l'assèchement des sols de très faible épaisseur et très percolants (Fig. 22).



Fig. 22. Station 7, Rarogne. La végétation souffre de la sécheresse à l'endroit des anciennes barres de galets et de graviers (taches jaunes). Les prés sont quadrillés par les meunières, technique qui permet d'irriguer les champs (avril 2007).

10.6.Plaine du Rhône supérieur

Les sols de la plaine du Rhône supérieur sont marqués par les effets de l'endiguement du fleuve et de l'activité agricole encore prépondérante actuellement. Cette situation est assez stable depuis une centaine d'années, voire deux cents ans à certains endroits comme la station de Tourtemagne, ce qui a permis l'évolution des sols sans nouvelle sédimentation, donc sans rajeunissement. Les couches sédimentaires et les horizons organo-minéraux de surface tendent à se structurer. L'activité biologique est élevée, et encore renforcée par le labour dans les cultures. La matière organique est donc fortement fragmentée, transformée, puis agrégée en macroagrégats. Mais une station de la plaine fait exception. Les sols du Bois de Finges témoignent encore actuellement d'une dynamique alluviale active, et ils gardent les traits typiques des sols jeunes et peu évolués, typiques des zones alluviales. La proportion de sols polyphasés y est importante, ce qui souligne le changement de lit fréquent du fleuve et la présence (actuelle ou passée) de nombreux bras secondaires.

Toutefois, les sols de la plaine gardent, pour la plupart, la trace de la dynamique alluviale antérieure aux corrections du Rhône. En effet, la classification et l'interprétation des groupes de sols a permis de décrire la dynamique alluviale passée de chaque station. Le plan Napoléon a confirmé, pour chaque station, l'exactitude de nos suppositions.

Pour finir, la présence prépondérante du groupe de sol 4 dans la station de Selkingen (annexe 7.16), qui se trouve en amont de la plaine du Rhône, souligne la différence de sédimentation entre les zones se trouvant en amont de Brigue et celles qui se trouvent en aval. En effet, il n'y a presque qu'un seul type de mise en place des sols dans les zones qui se trouvent en amont, tandis que la mise en place des sols est très nettement plus variée dans les zones qui se trouvent en aval. Cette différence reflète le changement de pente, plus élevée en amont de Brigue et plus faible en aval, qui a une influence sur la vitesse du courant, donc également sur la dynamique des particules et de la sédimentation.

11. CONCLUSION

Cette étude avait pour but de décrire la mise en place des sols en plaine alluviale du Rhône supérieur. Les sols alluviaux étant caractérisés par leurs dépôts sédimentaires ainsi que par leur évolution (Gerrard, 1987), une double approche de ce travail, autant biologique que géologique, a semblé nécessaire pour leur description globale. Les analyses biologiques et pédologiques (analyses de la matière organique et micromorphologie, ou micropédologie), ont permis de décrire les phases de stabilité et la dynamique de formation des sols qui en découlent. Les analyses géologiques, quant à elles, ont permis de comprendre et de décrire la dynamique alluviale à l'origine des dépôts sédimentaires qui les composent. Ces deux types d'analyses, très complémentaires, sont donc un bon moyen d'appréhender les différents aspects des sols d'une zone alluviale, mais uniquement à un niveau très local de la plaine.

La classification des sols, d'après la méthode développée par Bullinger et Gobat (2006), nous a permis de diagnostiquer quelle est la dynamique alluviale passée de chaque station, et de faire le bilan de l'état actuel des sols de la plaine dans son ensemble. La cartographie nous a ensuite permis de confirmer l'exactitude de nos hypothèses. Cette méthode de classification des sols est donc applicable à la plaine alluviale du Rhône supérieur. Mais elle représente, en plus, un moyen fiable pour reconstituer la dynamique alluviale et, par là, le paysage antérieur à l'endiguement des cours d'eau. La méthode n'a été utilisée, pour le moment, que sur un nombre restreint de bassins versants. Il serait intéressant d'élargir son application à d'autres systèmes de plaine alluviale.

Il ressort de cette étude que les sols actuels de la plaine du Rhône supérieur sont marqués par les effets de l'endiguement du fleuve et de l'activité agricole encore prépondérante de nos jours. Néanmoins, les sols de la plaine gardent, pour la plupart, la trace de la dynamique alluviale antérieure aux corrections du Rhône.

Cependant, aucune datation des dépôts sédimentaires et des sols enfouis n'a été effectuée dans ce travail. En conséquence, il n'a pas été possible de faire correspondre les dépôts décrits dans les profils de sols avec les cartes de 1802, 1850, 1900, et 1950 à disposition. Il serait très intéressant de pouvoir dater les sédiments et les sols enfouis, afin de connaître la succession temporelle des dépôts et des crues, ainsi que le temps nécessaire à la formation des horizons de surface.

Pour finir, nous avons découvert, durant notre travail, l'existence d'une étude (Soutter, 1996) fondée sur les données provenant de nombreux sondages effectués dans la plaine du Rhône (projet Hydro-Rhône). Le nombre de ces sondages est élevé, et la prise de données est similaire à notre étude. Il serait donc intéressant d'appliquer la méthode de Bullinger-Weber et Gobat (2006) à ces résultats. Cela permettrait d'affiner la méthode et la classification des sols de la plaine du Rhône supérieur.

12.BIBLIOGRAPHIE

- AFES, 1995. Référentiel pédologique. Techniques et pratiques. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, 332 p.
- Babel, U., 1975. Micromorphology of soil Organic Matter. Soil components, Volume 1 : Organic components. Springer-Verlag, New York, 369-475 p.
- Baize, D. et Jabiol, B., 1995. Guide pour la description des sols. Techniques et pratiques. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, 375 p.
- Balesdent, J., Besnard, E., Arrouays, D. et Chenu, C., 1998. The dynamics of carbon in particle-size fractions of soil in a forest-cultivation sequence. *Plant and Soil*, 201: 49-57 p.
- Balesdent, J., Pétraud, J.-P. et Feller, C., 1991. Effets des ultrasons sur la distribution granulométrique des matières organiques des sols. *Science du Sol*, 29: 2: 95-106 p.
- Becze-Deák, J., Langhor, R. et Verrecchia, E.P., 1997. Small scale secondary CaCO₃ accumulations in selected sections of the European loess belt. Morphological forms and potential for paleoenvironmental reconstruction. *Geoderma*, 76: 221-252 p.
- Beierle, B.D., Lamoureux, S.F., Cockburn, J.M.H. et Spooner, I., 2002. A new method for visualizing sediment particle size distributions. *Journal of Paleolimnology*, 27: 279-283 p.
- Berthois, L., 1958. Technique de l'analyse granulométrique. Centre de documentation universitaire, Paris, 64 p.
- Blanc, J.J., 1955. Etude granulométrique des sédiments de la grotte du Lazaret. *Bulletin du musée d'Anthropologie Préhistorique de Monaco*, 2: 63-72 p.
- Bridge, J.S. et Gabel, S.L., 1992. Flow and sediment dynamics in a low sinuosity, braided river-Calamus River, Nebraska Sandhills. *Sedimentology*, 39: 125-142 p.
- Bruckert, S., 1994. Analyse des complexes organo-minéraux des sols. Pédologie 2. Constituants et propriétés du sol. Masson, Paris, 275-296 p.
- Bullinger-Weber, G. et Gobat, J.-M., 2006. Identification of facies models in alluvial soil formation : The case of a Swiss alpine floodplain. *Geomorphology*, 74: 181-195 p.
- Bullinger, J., Corboud, P., Crotti, P. et al., 2006. Des Alpes au Léman. Images de la préhistoire. Infolio Editions, Gollion, 359 p.
- Bullock, P., Fedoroff, N., Jongerius, A. et al., 1985. Handbook for soil thin section description. Waine Research Publications, Wolverhampton, UK., 152 p.
- Bureau, F., Guenat, C., Huber, K. et Vedy, J.-C., 1994. Dynamique des sols et de la végétation en milieu alluvial carbonaté. *Ecologie*, 25: 4: 217-230 p.
- Burri, M., 1994. Les roches. Connaître la nature en Valais. Editions Pillet, Martigny, 159 p.
- Cailleux, A., 1946. Granulométrie des formations à galets. Société belge de Géologie, Session extraordinaire, Bruxelles(19-26 septembre 1946): 91-114 p.
- Cailleux, A. et Verger, F., 1961. Graphiques granulométriques - Travaux pratiques. Centre de Documentation Universitaire et S.E.D.E.S. réunis, Paris, 44 p.
- Campy, M. et Macaire, J.-J., 2003. Géologie de la surface. Erosion, transfert et stockage dans les environnements continentaux. Dunod, Paris, 440 p.

- Chalumeau, L., 2003. Etude stratigraphique de la séquence sédimentaire du site archéologique de Marin-Les Piécettes (NE). Institut de géologie, Université de Neuchâtel, Neuchâtel, 95 p. Travail non publié.
- Confédération, 1991. Loi fédérale sur la protection des eaux (LEaux). www.admin.ch/ch/f/rs/c814_20.html.
- Confédération, 1998. Ordonnance sur la protection des eaux (OEaux). www.admin.ch/ch/f/rs/c814_201.html.
- Courty, M.-A. et Fedoroff, N., 2002. Micromorphologie des sols et sédiments archéologiques. In: J.-C. Miskovsky (éditeur), Géologie de la Préhistoire : méthodes, techniques, applications. Géopré. Association pour l'étude des formations sédimentaires, Paris, 511-554 p.
- Courty, M.-A. et Miskovsky, J.-C., 2002. Place des sédiments archéologiques au sein des dépôts quaternaires et évolution des techniques. In: J.-C. Miskovsky (éditeur), Géologie de la Préhistoire : méthodes, techniques, applications. Géopré. Association pour l'étude de l'environnement géologique de la préhistoire, Paris, 449-451 p.
- Daniels, J.M., 2003. Floodplain aggradation and pedogenesis in a semiarid environment. *Geomorphology*, 56: 225-242 p.
- Debard, E., 1988. Le quaternaire du Bas-Vivarais d'après l'étude sédimentologique des remplissages d'avens, de porches de grottes et d'abris sous roche. Dynamique sédimentaire, paléo-climatologie, chronologie. Documents des Laboratoire de Géologie de Lyon, 103: 315 p.
- Delarze, R., Gonseth, Y. et Galand, P., 1998. Guide des milieux naturels de Suisse. Delachaux et Niestlé S.A., Lausanne (Switzerland), Paris, 415 p.
- Di Giovanni, C., Disnar, J.-R., Bichet, V., Campy, M. et Guillet, B., 1998. Geochemical characterization of soil organic matter and viability of postglacial detrital organic supply (Chaillexon Lake, France). *Earth Surface Processes and Landforms*, 23: 1057-1069 p.
- Disnar, J.R., Guillet, B., Keravis, D., Di-Giovanni, C. et Sebag, D., 2003. Soil organic matter (SOM) characterization by Rock-Eval pyrolysis : scope and limitations. *Organic Geochemistry*, 34: 327-343 p.
- Duchaufour, P., 1995. Pédologie. Sol, végétation, environnement. Masson, Paris, 324 p.
- Espitalié, J., Deroo, G. et Marquis, F., 1985. La pyrolyse Rock-Eval et ses applications. 1^{ère} partie. *Revue de l'Institut Français du Pétrole*, 40: 5 (septembre-octobre 1985): 563-579 p.
- Fierz, M., Gobat, J.-M. et Guenat, C., 1995. Quantification et caractérisation de la matière organique de sols alluviaux au cours de l'évolution de la végétation. *Ann Sci For*, 52: 547-559 p.
- Florsheim, J.L. et Mount, J.F., 2003. Changes in lowland floodplain sedimentation processes : pre-disturbance to post-rehabilitation, Cosumnes River, CA. *Geomorphology*, 56 (2003): 305-323 p.
- Folk, R.L. et Ward, W.C., 1957. Brazos river bar : a study in the significance of grain size parameters. *Journal of Sedimentary Petrology*, 27 (1): 3-26 p.
- Foucault, A. et Raoult, J.-F., 2001. Dictionnaire de géologie. Dunod, Masson Sciences, 5^{ème} éd., Paris, 380 p.
- Freytet, P. et Plaziat, J.-C., 1982. Continental carbonate sedimentation and pedogenesis - Late Cretaceous and early Tertiary of southern France.

- Contributions to sedimentology, 12. E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nägele u. Obermiller), Stuttgart, 213 p.
- Gallandat, J.-D., Gobat, J.-M. et Roulier, C., 1990. Cartographie des zones alluviales d'importance nationale. Rapport général. Levp, Rapport général: 116 p.
- Gerrard, J., 1987. Alluvial soils. Hutchinson Ross, New York.
- Gobat, J.-M., Aragno, M. et Matthey, W., 2003. Le Sol vivant. Collection gérer l'environnement, n° 14. Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 568 p.
- Gobat, J.-M. et Havlicek, E., 1996. Principaux sols de Suisse. Laboratoire d'écologie végétale et de phytosociologie, Institut de botanique, Université de Neuchâtel, Neuchâtel, 52 p. Travail non publié.
- Heim, B., 2000. www.zum.de/Faecher/Ek/BAY/gym/Ek11/tal.htm p.
- Jabiol, B., Brêthes, A., Ponge, J.-F., Tutain, F. et Brun, J.-J., 1995. L'humus sous toutes ses formes. Ecole Nationale du Génie Rural, des Eaux et des Forêts, Nancy, 63 p.
- Kalbermatten, A.d., 1964. La correction du Rhône en amont du lac Léman. Département fédéral de l'Intérieur, Berne
- Kubiena, W.L., 1938. Micropedology. Collegiate Press Inc., Ames, Iowa.
- Lavanchy, L.-F., 1991. Transfert couplés eau-solutés en conditions naturelles. Application aux problèmes de salinisation des sols de la plaine du Rhône valaisanne. Thèse N° 969, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne.
- Lechevalier, M., 2005. La mission des ingénieurs géographes français en Valais en 1802. Vallesia : Revue annuelle des Archives de l'Etat, de la Médiathèque Valais, des Musées cantonaux, des Monuments et de l'Archéologie du canton du Valais, 60: 411-431 p.
- LSV, 2007a. Manuel de laboratoire. 5-Teneur en eau et humidité résiduelle. Laboratoire Sol et Végétation, Université de Neuchâtel
- LSV, 2007b. Manuel de laboratoire. 6-La perte au feu. Laboratoire Sol et Végétation, Université de Neuchâtel
- LSV, 2007c. Manuel de laboratoire. 17-La granulométrie : Fractionnement physique de la matière organique, cas des horizons organo-minéraux des sols classiques. Laboratoire Sol et Végétation, Université de Neuchâtel
- Lumley, H., 1965. Evolution des climats quaternaires d'après le remplissage des grottes de Provence et du Languedoc méditerranéen. Bulletin de l'AFEQ, 2: 165-170 p.
- Mariétan, I., 1943. La lutte pour l'eau et la lutte contre l'eau en Valais. Actes de la Soc. helv. sc. nat.
- Marthaler, M., 2002. Le Cervin est-il africain? Une histoire géologique entre les Alpes et notre planète. L.E.P. Loisirs et Pédagogie S.A., Lausanne, 96 p.
- Martignier, L., 2007. Travail de méthodologie : les analyses granulométriques. Laboratoire sol & végétation, Laboratoire de géodynamique de la biosphère, Université de Neuchâtel, Neuchâtel, 24 p. Travail non publié.
- Mendonca Santos, M.L., Guenat, C., Thevoz, C., Bureau, F. et Vedy, J.C., 1997. Impacts of embanking on the soil-vegetation relationships in a floodplain ecosystem of a pre-alpine river. Global Ecology and Biogeography Letters, 6: 3/4: 339-348 p.
- Müller, C. et Guenat, C., 2004. Perspectives d'évolution et d'accompagnement du secteur agricole dans le contexte du projet R3 d'Oberwald à St-Gingolph.

- Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Lausanne, 33 p. Travail non publié.
- OFEFP, 2005. Les zones alluviales de Suisse. Office fédéral de l'environnement, des forêts et du paysage, Berne.
- OFEG, 2003. Histoire de la protection contre les crues en Suisse. Des origines jusqu'au 19^e siècle. Office fédéral des eaux et de la géologie, Rapport de l'OFEG, Série Eaux, Bienne, 208 p.
- OFS, 2004. Les zones protégées d'importance nationale et leur utilisation. Les cahiers de l'environnement, statistique suisse de l'environnement, n° 13. Office fédéral de la statistique, Neuchâtel, 31 p.
- Owens, P.N., Walling, D.E. et Leeks, G.J.L., 1999. Use of floodplain sediment cores to investigate recent historical changes in overbank sedimentation rates and sediment sources in the catchment of the River Ouse, Yorkshire UK. *Catena*, 36: 21-47 p.
- Paulmier, E., 2004. Evolution de la qualité écologique des paysages de la plaine du Rhône sur la base d'une analyse spatiale de cartes historiques. Travail de diplôme Postgrade - Environnement, Sciences, Ingénierie et Management, EPFL.
- Pautou, G., 1984. L'organisation des forêts alluviales dans l'axe rhodanien entre Genève et Lyon; comparaison avec d'autres systèmes fluviaux. *Doc. cartogr. écol.*, 27: 43-64 p.
- Pawluk, S., 1985. Soil micromorphology and soil fauna : problems and importance. *Quaestiones Entomologicae*, 21: 4 (1985): 473-496 p.
- Pawluk, S., 1987. Faunal micromorphological features in modern humus of some Western Canadian soils. *Geoderma*, 40: 3-16 p.
- Pettijohn, F., Potter, P.E. et Siever, R., 1973. Sand and Sandstone. Springer-Verlag, New York, 618 p.
- Petts, G.E. et Amoros, C., 1996. Fluvial hydrosystems. Chapman and Hall, London.
- Posse, B., 1997. Eléments d'écologie paysagère en plaine du Rhône (Valais, Suisse) : de l'endiguement du fleuve à nos jours. Ecologie paysagère Thesis, Université de Neuchâtel, Neuchâtel, 158 p.
- Projet_Rhône, 2001 à 2006. rhone.vs. Magazine d'information sur la 3^{ème} correction du Rhône n° 1 à 11: 4 p.
- Projet_Rhône, 2005. Plan sectoriel 3^{ème} correction du Rhône. Version pour consultation. Canton du Valais, Département des transports, de l'équipement et de l'environnement, Service des routes et des cours d'eau, (mai 2005), 48 p.
- Puget, P., Chenu, C. et Balesdent, J., 2000. Dynamics of soil organic matter associated with particle-size fractions of water-stable aggregates. *European Journal of Soil Science*, 51: 595-605 p.
- Rivière, A., 1977. Méthodes granulométriques : techniques et interprétations. Techniques et méthodes sédimentologiques. Masson, Paris, New York, 170 p.
- Rusek, J., 1985. Soil microstructures - Contributions on specific soil organisms. *Quaestiones Entomologicae*, 21: 4: 497-514 p.
- Sartori, M., Ornstein, P., Métraux, C. et Kuehni, A., 2006. Du levé géologique à la cartographie numérique. *Géomatique Expert*, 49: 38-41 p.

- Sebag, D., Disnar, J.R., Guillet, B., Di Giovanni, C., Verrecchia, E.P. et 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: 344-355 p.
- Soutter, M., 1996. Prédiction stochastique à l'échelle régionale des risques de contamination des eaux souterraines par les pesticides, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne (EPFL), Lausanne, 100 p.
- Spaliviero, M., 2002. Historic fluvial development of the Alpine-foreland Tagliamento River, Italy, and consequences for floodplain management. *Geomorphology*, 52: 317-333 p.
- Steiger, J., James, M. et Gazelle, F., 1998. Channelization and consequences on floodplain system functioning on the Garonne River, SW France. *Regulated Rivers : Research & Management*, 14: 13-23 p.
- Stoops, G., 2003. Guidelines for Analysis and Description of Soil and Regolith Thin Sections. Soil Science Society of America, Inc., Madison, Wisconsin, USA, 184 p.
- Surian, N., 1999. Channel changes due to river regulation : the case of the Piave River, Italy. *Earth Surface Processes and Landforms*, 24 (1999): 1135-1151 p.
- Surian, N. et Rinaldi, M., 2003. Morphological response to river engineering and management in alluvial channels in Italy. *Geomorphology*, 50: 307-326 p.
- Thoms, M.C., 2003. Floodplain-river ecosystems : lateral connections and the implications of human interference. *Geomorphology*, 56: 335-349 p.
- Verger, F., 1976. Les techniques d'analyse granulométriques. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 64 p.
- Wentworth, C.K., 1926. Methods of mechanical analysis sediments. *Studies in Nat. Hist. Uni. Iowa*, 7 (11).
- Werner, P., 1988. La Flore. Connaître la nature en Valais. Pillet, Martigny.
- Wigginton, J.D., Lockaby, B.G. et Trettin, C.D., 2000. Soil organic matter formation and sequestration across a forested floodplain chronosequence. *Ecological Engineering*, 15: 141-155 p.
- Wild, B., 1800. Vorschlag zur Eindämmung des Rhodans, und selbst zu dieses Flusses nachmaliger Schiffbachmachung, von seinem Ausfluss in den Lemaner-See bis oberhalb Brig. *Helvetische Monatschrift*.
- Zanini, F., Zanini, E., Weber, C. et Schlaepfer, R., 2007. Analyse de la dynamique du paysage de la plaine du Rhône de 1850 à 2003 sur la base de cartes topographiques. *Bulletin de la Murithienne*, 124 (2006): 89-98 p.

13. REMERCIEMENTS

Nous remercions chaleureusement les Prof. Jean-Michel Gobat et Prof. Eric Verrecchia pour leur encadrement tout au long de ce travail. Merci également à Claire Arnold et Géraldine Bullinger-Weber pour leurs conseils et leur disponibilité.

C'est avec grand intérêt que nous avons travaillé en collaboration avec la 3^{ème} Correction du Rhône, et nous remercions Alexandre Vogel ainsi que Nicolas Luisier de nous en avoir donné l'opportunité et de nous avoir proposé l'encadrement nécessaire.

Nous remercions les personnes de l'administration cantonale valaisanne et les agriculteurs, qui nous ont délivré les différentes autorisations nécessaires pour creuser les fosses pédologiques ainsi que les sondages à la tarière.

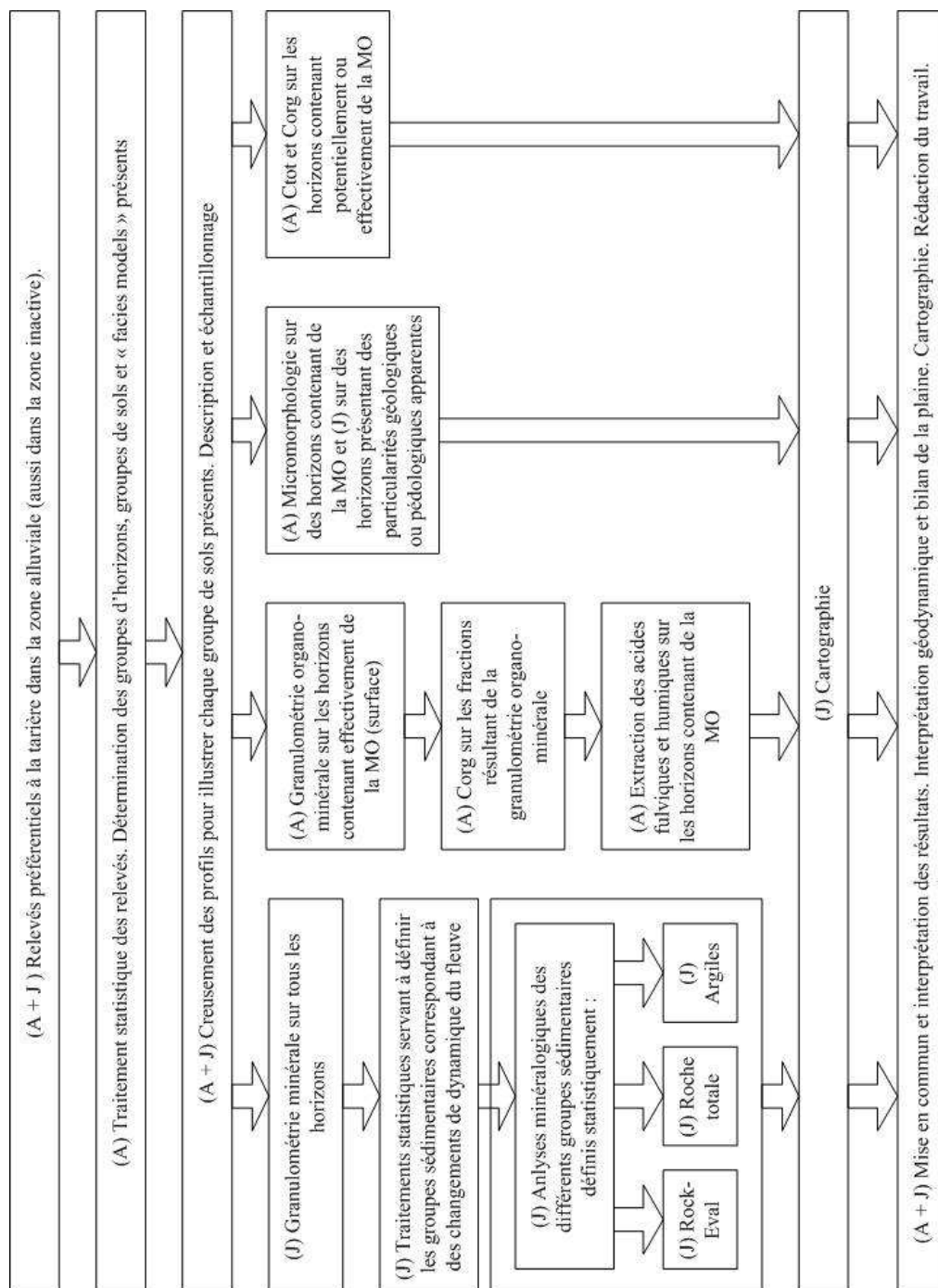
Un très grand remerciement aussi à ceux qui ont retroussé leurs manches pour nous aider à creuser et décrire les profils de sols : Delphine Bohren, Laurent Chaignat, Caroline Groda et Michael Jutzi. Les nombreux sondages à la tarière n'auraient jamais pu être faits sans l'aide indispensable de Rémy Gerber, Catherine Pfister, Sylvie Boegli et David Glassey.

Nous remercions encore les personnes attentives et critiques, ligne par ligne, pour leurs corrections : René Amstutz, Claire Arnold, Martin Brüngger, Céline De Lavallaz et Claire Rambeau.

Nous remercions finalement tous nos proches et nos collègues pour leur soutien pendant ce travail de longue haleine !

14. ANNEXES

ANNEXE 1. SCHEMA DE LA REPARTITION DES TACHES



Remarques :

- L'extraction des acides humiques et fulviques, prévue dans le cadre des analyses de la matière organique, a été remplacée par l'analyse des résultats du Rock Eval. Il s'agit de la déconvolution des pics S2, analyse qui permet de décrire la maturation de la matière organique.
- Les analyses minéralogiques, prévues à la suite de la granulométrie minérale, n'a pu être effectuée dans le cadre de cette étude, à cause d'un manque de temps et de l'importance des analyses granulométriques.

ANNEXE 2. SONDAGES A LA TARIERE

Annexe 2.1. Données relevées sur le terrain pour les sondages à la tarière

Nom	Station	Groupe de sol	Lieu-dit	Commune	Date	GPS_point x	GPS_point y	Précision GPS	Altitude (m)	Profondeur	Horizon D atteint	Nbe d'horizons	Nom de la référence et qualificatifs	Horizon de labour
T1	1	1	Les Prises	Martigny	10.04.2007	573344	107901	5	459	154	1	10	REDUCTISOL TYPIQUE fluviqque, anthropisé, brunifié	1
T2	1	1	Capio	Martigny	10.04.2007	573585	108018	9	448	200	1	7	FLUVIOSOL TYPIQUE réductique, anthropisé	1
T3	1	2	Grand' Barres	Martigny	10.04.2007	573730	108159	5	458	100	1	3	FLUVIOSOL TYPIQUE anthropisé	1
T4	1	2	Grand' Barres	Martigny	10.04.2007	573600	108225	0	448	111	1	4	FLUVIOSOL TYPIQUE réductique, anthropisé	1
T5	1	5	Les Indévis	Martigny	10.04.2007	574355	108468	11	460	160	1	7	REDUCTISOL TYPIQUE fluviqque, anthropisé	1
T6	1	0	L'Ile à Bernard	Martigny	11.04.2007	574596	107244	5	458	190	0	12	REDUCTISOL TYPIQUE fluviqque, anthropisé	1
T7	1	1	Les Sables-Ferme des Iles	Martigny	11.04.2007	570569	108719	6	457	216	1	10	FLUVIOSOL TYPIQUE rédoxique, anthropisé, brunifié	1
T8	1	1	Le Rosel	Martigny	11.04.2007	570138	109413	15	458	80	1	6	REDOXISOL fluviqque, anthropisé(?)	0
T9	1	2	Le Rosel	Martigny	11.04.2007	570065	109506	6	458	67	1	2	FLUVIOSOL BRUNIFIE anthropisé(?)	1
T10	1	2	Les Sables	Martigny	11.04.2007	570099	108953	5	457	64	1	3	FLUVIOSOL TYPIQUE anthropisé	1
T11	1	1	Les Bossons	Dorénaz	11.04.2007	569235	110928	5	450	206	1	9	FLUVIOSOL TYPIQUE anthropisé, redoxique	1
T12	1	2	Tabary	Martigny	11.04.2007	569025	110392	5	451	95	1	4	REDOXISOL fluviqque, anthropisé	1
T13	4	5	Crettax Txina	Sierre	12.04.2007	604162	124061	6	510	172	1	9	REDUCTISOL TYPIQUE fluviqque, anthropisé, brunifié	1
T14	4	2	Entre Crêtes Longues et le Rhône	Sierre	12.04.2007	603744	124447	5	510	37	1	2	FLUVIOSOL TYPIQUE anthropisé	1
T15	4	2	Entre Crêtes Longues et le Rhône	Sierre	12.04.2007	603840	124382	5	508	16	1	1	FLUVIOSOL TYPIQUE anthropisé	1
T16	4	1	Pramont	Sierre	12.04.2007	604504	124477	6	511	85	1	5	REDOXISOL fluviqque, anthropisé	1
T17	4	3	Pramont	Sierre	12.04.2007	604494	124612	6	511	17	1	1	FLUVIOSOL TYPIQUE	0
T18	4	3	Lac de la Brèche	Sierre	12.04.2007	600598	122543	4	500	80	1	5	FLUVIOSOL TYPIQUE polyphasé, rédoxique	0
T19	4	5	Poutafontana/Lac de la Brèche	Sierre	12.04.2007	600326	122301	7	499	94	1	6	REDUCTISOL TYPIQUE fluviqque	0
T20	4	5	Poutafontana	Sierre	12.04.2007	600056	122235	9	499	50	1	3	REDOXISOL fluviqque	0
T21	4	4	Lac de la Brèche	Sierre	13.04.2007	601058	123143	6	501	6	1	1	FLUVIOSOL TYPIQUE	0
T22	4	2	Lac de la Brèche	Sierre	13.04.2007	601277	122820	9	502	24	1	2	FLUVIOSOL TYPIQUE anthropisé	1
T23	4	2	Vergers de St-Léonard	St-Léonard	13.04.2007	599776	122765	5	501	39	1	2	FLUVIOSOL TYPIQUE anthropisé	1
T24	4	2	Vergers de St-Léonard	St-Léonard	13.04.2007	600105	122778	5	499	147	1	7	REDOXISOL fluviqque, anthropisé	1
T25	2	2	Les Grands Glariers	Saillon	16.04.2007	579712	112264	8	465	45	1	3	FLUVIOSOL TYPIQUE anthropisé	1
T26	2	4	Les Grands Glariers	Saillon	16.04.2007	579996	112273	6	465	45	1	3	FLUVIOSOL TYPIQUE	0
T27	2	2	Les Grands Glariers	Saillon	16.04.2007	580045	112055	5	464	39	1	3	FLUVIOSOL TYPIQUE anthropisé	1
T28	2	2	Les Grands Glariers	Saillon	16.04.2007	580266	112124	6	464	96	1	7	REDOXISOL fluviqque, anthropisé	1
T29	2	1	Les Grands Glariers	Saillon	16.04.2007	579317	112010	6	465	62	1	7	REDOXISOL fluviqque	0
T30	2	0	Les Ilots	Saillon	16.04.2007	579509	112482	4	464	205	0	10	REDUCTISOL TYPIQUE fluviqque, anthropisé, polyphasé	1
T31	2	2	Les Ilots	Saillon	16.04.2007	579298	112314	5	461	82	1	3	FLUVIOSOL TYPIQUE rédoxique	0
T32	2	0	Grand Clos	Saillon	16.04.2007	581074	112880	5	465	200	0	9	REDUCTISOL TYPIQUE fluviqque, polyphasé, anthropisé	1
T33	2	0	Marais neuf	Saillon	16.04.2007	581481	113162	11	466	114	0	6	REDOXISOL fluviqque, anthropisé	1
T34	3	2	Portions Grandes Iles	Sion	17.04.2007	589047	116844	6	478	17	1	2	FLUVIOSOL TYPIQUE anthropisé	1
T35	3	1	Portions Grandes Iles	Sion	17.04.2007	588777	116786	6	478	170	1	5	REDOXISOL fluviqque, anthropisé	1
T36	3	2	Portions Grandes Iles	Sion	17.04.2007	589173	116959	6	478	17	1	2	FLUVIOSOL TYPIQUE anthropisé	1
T37	3	0	Portions Grandes Iles	Sion	17.04.2007	589173	117038	5	478	200	0	8	REDUCTISOL TYPIQUE fluviqque, anthropisé	1
T38	3	2	Portions Grandes Iles	Sion	17.04.2007	589338	117009	7	478	34	1	2	FLUVIOSOL TYPIQUE anthropisé	1
T39	3	2	Aproz	Aproz	17.04.2007	589715	117042	5	478	50	1	2	REDOXISOL fluviqque, anthropisé	1
T40	3	1	Aproz	Aproz	17.04.2007	589797	116903	5	461	110	1	5	REDOXISOL fluviqque, anthropisé	1
T41	3	5	Aproz	Aproz	17.04.2007	590048	117217	5	478	180	1	12	REDOXISOL fluviqque, anthropisé	1
T42	3	2	Portions Grandes Iles	Sion	17.04.2007	588493	116666	9	478	122	1	3	REDOXISOL fluviqque, anthropisé	1
T43	5	4	Bois de Finges	Salgesch	18.04.2007	610607	127930	6	542	120	1	2	FLUVIOSOL BRUT	0
T44	5	4	Bois de Finges	Salgesch	18.04.2007	610787	127919	6	542	170	1	6	FLUVIOSOL TYPIQUE polyphasé, rédoxique	0
T45	5	1	Bois de Finges	Salgesch	18.04.2007	610756	127871	5	542	119	1	11	FLUVIOSOL TYPIQUE polyphasé, rédoxique	0
T46	5	3	Bois de Finges	Salgesch	18.04.2007	610486	127818	5	542	55	1	2	FLUVIOSOL TYPIQUE	0
T47	5	4	Bois de Finges	Salgesch	18.04.2007	610462	127668	3	542	23	1	2	FLUVIOSOL TYPIQUE	0
T48	5	4	Bois de Finges	Salgesch	18.04.2007	610463	127802	5	542	28	1	3	FLUVIOSOL TYPIQUE	0
T49	5	4	Bois de Finges	Leuk	18.04.2007	612115	128446	4	561	53	1	5	FLUVIOSOL TYPIQUE polyphasé, anthropisé	1
T50	5	1	Bois de Finges	Leuk	18.04.2007	612241	128531	5	561	120	1	9	FLUVIOSOL TYPIQUE polyphasé	0
T51	5	5	Bois de Finges	Leuk	18.04.2007	612138	128335	5	561	104	1	7	FLUVIOSOL TYPIQUE	0
T52	5	1	Bois de Finges	Leuk	19.04.2007	612968	129034	6	592	119	1	3	FLUVIOSOL BRUT	0
T53	5	4	Bois de Finges	Leuk	19.04.2007	612772	128958	6	592	62	1	3	FLUVIOSOL TYPIQUE	0
T54	5	3	Bois de Finges	Leuk	19.04.2007	612577	128742	5	566	22	1	2	FLUVIOSOL BRUT polyphasé	0
T55	5	1	Chanderünu	Salgesch	19.04.2007	610980	128181	5	551	89	1	19	REDIXISOL fluviqque, polyphasé	0
T56	5	5	Chanderünu	Salgesch	19.04.2007	611165	128167	8	551	105	1	7	REDUCTISOL TYPIQUE fluviqque	0
T57	5	5	Bois de Finges	Leuk	23.04.2007	613175	128777	9	569	68	1	4	REDOXISOL fluviqque	0
T58	5	4	Bois de Finges	Leuk	23.04.2007	613254	128870	6	569	9	1	2	FLUVIOSOL BRUT polyphasé	0
T59	5	4	Bois de Finges	Leuk	23.04.2007	613122	129057	5	566	8	1	2	FLUVIOSOL TYPIQUE	0
T60	5	4	Bois de Finges	Leuk	23.04.2007	613177	129162	5	592	40	1	16	REDOXISOL fluviqque	0

Nom	Station	Groupe de sol	Lieu-dit	Commune	Date	GPS_point x	GPS_point y	Précision GPS	Altitude (m)	Profondeur	Horizon D atteint	Nbe d'horizons	Nom de la référence et qualificatifs	Horizon de labour
T61	5	4	Bois de Finges (Unterer Pfynwald)	Leuk	23.04.2007	611559	128186	5	552	106	1	10	REDOXISOL fluviq, polyphasé	0
T62	8	4	Zeiterbode	Selkingen	25.04.2007	659846	144759	6	1276	103	1	14	FLUVIOSOL TYPIQUE rédoxique, polyphasé	0
T63	8	2	Zeiterbode	Selkingen	25.04.2007	659838	144716	6	1278	14	1	1	FLUVIOSOL TYPIQUE	0
T64	8	4	Zeiterbode	Selkingen	25.04.2007	659858	144647	7	1284	25	1	1	FLUVIOSOL TYPIQUE	0
T65	8	4	Zeiterbode	Selkingen	25.04.2007	659724	144512	9	1271	67	1	9	REDOXISOL fluviq, polyphasé	0
T66	8	4	Zeiterbode	Selkingen	25.04.2007	659497	144423	6	1271	20	1	2	REDUCTISOL TYPIQUE fluviq	0
T67	8	5	Zeiterbode	Selkingen	25.04.2007	659534	144394	9	1271	113	1	9	REDUCTISOL TYPIQUE fluviq, polyphasé	0
T68	8	1	Matte	Selkingen	25.04.2007	659545	144586	5	1280	115	1	5	FLUVIOSOL BRUNIFIE	0
T69	8	4	Matte	Selkingen	25.04.2007	659531	144564	7	1271	40	1	7	REDOXISOL fluviq, polyphasé	0
T70	6	1	Jaggaseiu	Leuk	26.04.2007	618795	128217	5	620	41	1	4	REDOXISOL fluviq, anthropisé, brunifié	1
T71	6	1	Jaggaseiu	Leuk	26.04.2007	618851	128283	4	620	208	1	22	REDUCTISOL TYPIQUE fluviq, anthropisé	1
T72	6	0	Jaggaseiu	Leuk	26.04.2007	618579	128172	5	620	220	0	9	REDUCTISOL TYPIQUE fluviq, anthropisé	1
T73	6	0	Radet	Leuk	27.04.2007	618434	128421	6	620	226	0	13	REDUCTISOL TYPIQUE fluviq, anthropisé	1
T74	6	1	Leukerfeld	Leuk	27.04.2007	618036	128178	4	619	127	1	5	REDOXISOL fluviq, anthropisé, brunifié	1
T75	6	0	Jaggaseiu	Turtmann	27.04.2007	619131	128287	3	620	227	0	10	REDUCTISOL TYPIQUE fluviq, anthropisé, brunifié	1
T76	6	1	Burgereie	Leuk	27.04.2007	618426	127965	4	620	172	1	12	REDOXISOL fluviq, anthropisé	1
T77	7	2	Steineji	Raron	30.04.2007	630319	128400	3	639	13	1	2	FLUVIOSOL TYPIQUE	0
T78	7	4	Steineji	Raron	30.04.2007	630631	128385	5	639	49.5	1	6	FLUVIOSOL TYPIQUE	0
T79	7	1	Steineji	Raron	30.04.2007	630508	128281	6	638	30	1	3	FLUVIOSOL TYPIQUE	0
T80	7	2	Steineji	Raron	30.04.2007	630539	628328	9	638	39	1	2	REDOXISOL fluviq	0
T81	7	0	Steineji	Raron	30.04.2007	630217	128400	4	638	220	0	15	REDUCTISOL TYPIQUE fluviq, anthropisé, polyphasé	1
T82	7	4	Steineji	Raron	30.04.2007	630275	128471	6	638	41	1	3	REDOXISOL fluviq, anthropisé	1
T83	7	1	Steineye	Raron	30.04.2007	629648	128485	7	637	47	1	3	REDOXISOL fluviq	0
T84	7	3	Grosseia	Visp	01.05.2007	631632	128129	3	642	40	1	2	FLUVIOSOL TYPIQUE anthropisé	1
T85	7	1	Grosseia	Visp	01.05.2007	631676	128203	5	642	100	1	11	REDOXISOL fluviq, anthropisé	1
T86	7	5	Grosseia	Visp	01.05.2007	631450	128228	8	641	50	1	2	REDOXISOL fluviq, anthropisé	1
T87	7	2	Grosseia	Visp	01.05.2007	631337	128292	5	640	47	1	5	REDOXISOL fluviq, anthropisé	1
T88	7	1	Grosseia	Visp	01.05.2007	631973	128041	7	642	136	1	14	REDOXISOL fluviq	0
T89	7	1	Burgereia	Visp	01.05.2007	632012	128299	5	643	137	1	14	REDOXISOL fluviq, anthropisé	1
T90	7	2	Burgereia	Visp	01.05.2007	632079	128283	4	644	18	1	2	FLUVIOSOL TYPIQUE	0

Annexe 2.2. Groupes d'horizons et leurs caractéristiques

Caractéristiques des groupes d'horizons								
Caractère	Groupe I 25 % des individus	Groupe II 21% des individus	Groupe III 6% des individus	Groupe IV 11% des individus	Groupe V 7% des individus	Groupe VI 18% des individus	Groupe VII 3% des individus	Groupe VIII 9% des individus
Texture ^a	Sables fins	Sables fins et limons	-	Limons	Argiles	Limons	Sables grossiers	Sables moyens
Epaisseur (cm) ^a	2 - 7,5	8 - 22	-	23 - 100	0,2 - 4	0,2 - 4	-	-
Sommet de l'horizon dans le profil (cm) ^a	0 - 2	46 - 203	-	2,5 - 22	87 - 203	-	-	-
Taches d'oxydoréduction ^a	0	1	1	0	1	-	-	-
Macrorestes organiques ^a	0	0	1	0	-	0	-	-
Horizon de perturbation ^a	0	0	-	1	0	-	-	-
Matériaux grossiers (>2mm) ^a	-	0	-	1	0	0	1	1

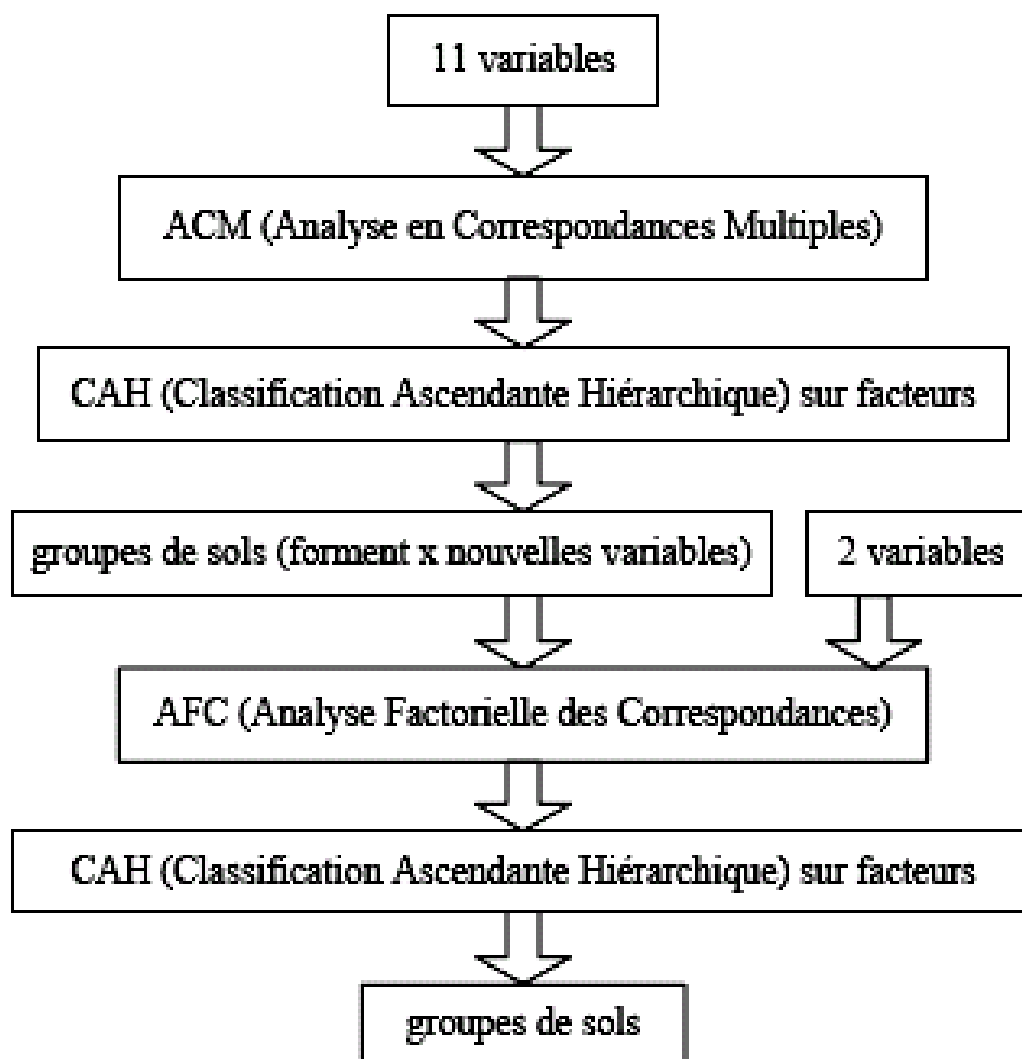
^a 0 = absence, 1 = présence, - = non significatif

Annexe 2.3. Groupes de sols et leurs caractéristiques

Caractéristiques des groupes de sols					
Caractères	Groupe 1 23 individus	Groupe 2 24 individus	Groupe 3 5 individus	Groupe 4 19 individus	Groupe 5 10 individus
Groupe d'horizon I ^a	0	0	-	1	0
Groupe d'horizon II ^a	1	0	-	0	-
Groupe d'horizon III ^a	0	-	-	-	1
Groupe d'horizon IV ^a	-	1	-	0	-
Groupe d'horizon V ^a	-	0	-	-	1
Groupe d'horizon VI ^a	1	-	-	0	0
Groupe d'horizon VII ^a	-	-	1	-	-
Groupe d'horizon VIII ^a	-	-	-	-	-
Profondeur du sondage ^a	-	-	-	-	-
Nb/m ^a	faible	-	-	élevé	-

^a 0 = absence, 1 = présence, - = non significatif

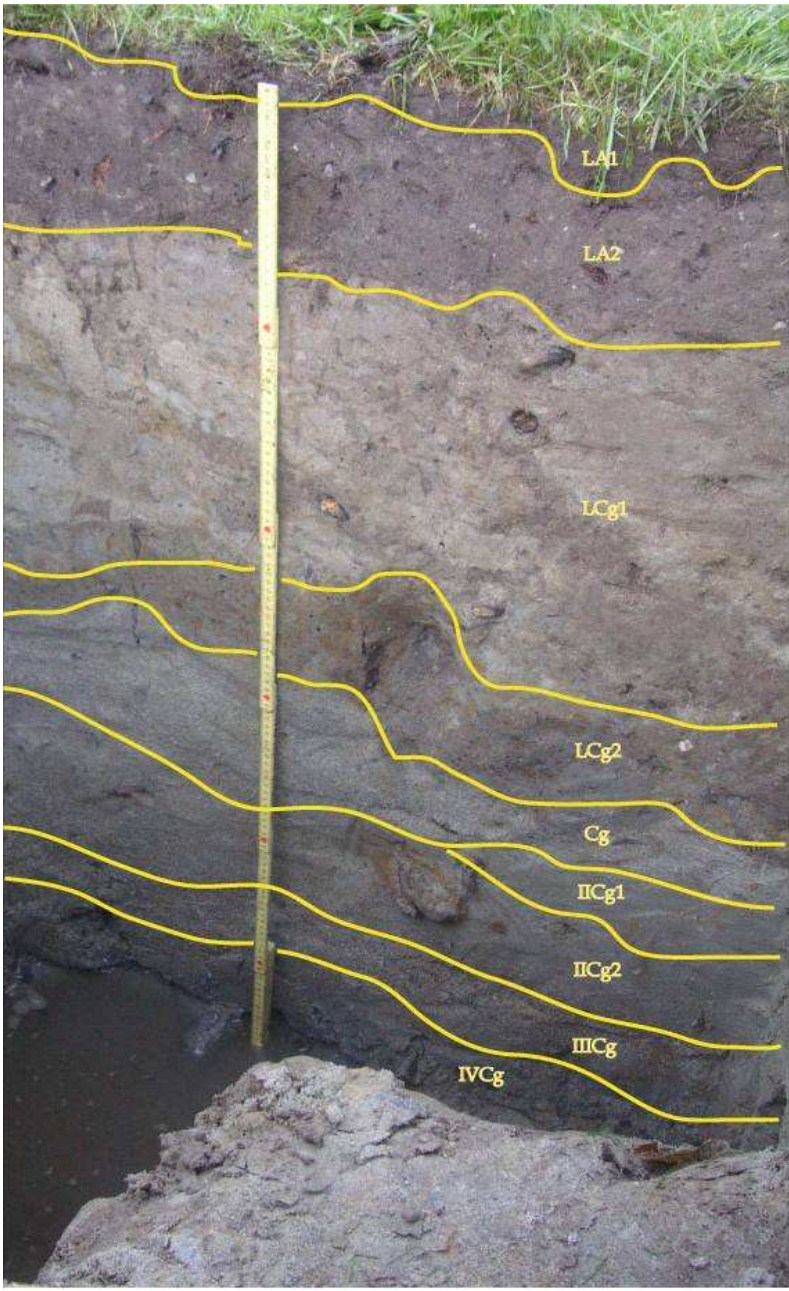
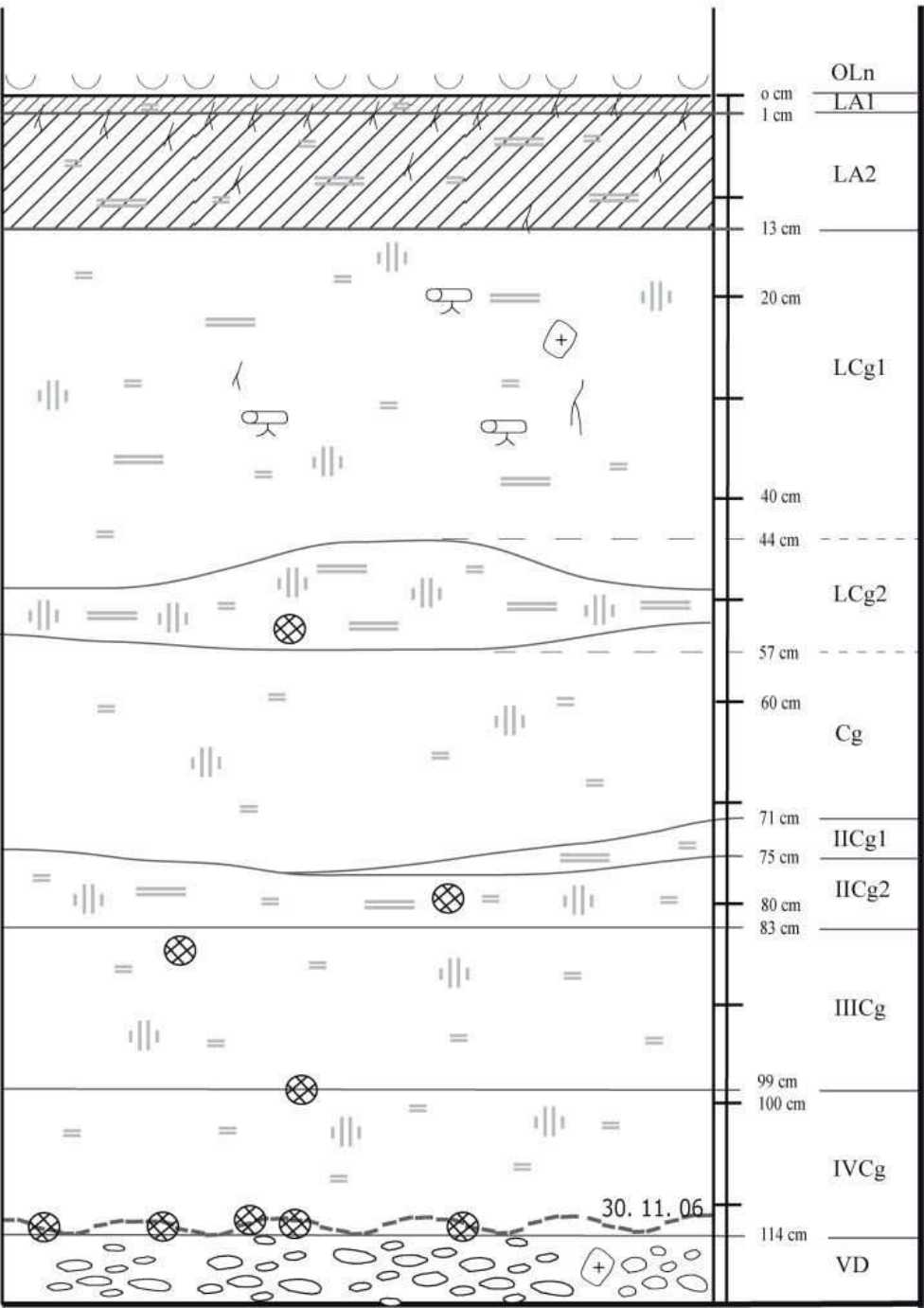
Annexe 2.4. Schéma de l'enchaînement des analyses statistiques. Groupement des horizons puis groupement des sondages



ANNEXE 3. PROFILS DE SOL

Annexe 3.1. Profil P1, schéma et photo

Saillon
30.11.2006
REDOXISOL fluviatique, anthropisé



=	Sables carbonatés	∪ ∪	Litière
==	Limons carbonatés	▨	Couche organo-minérale
○ ○ ○	Matériaux grossiers	↘	Petite racine
	Tache d'oxydation du fer	⊔	Grosse racine
- - -	Limite de la nappe phréatique	⊗	Macrorestes organiques

Annexe 3.2. Profil P1, données stationnelles et description des horizons

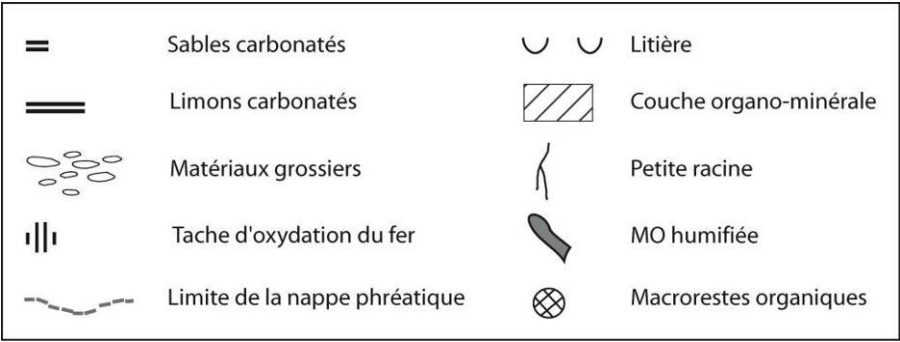
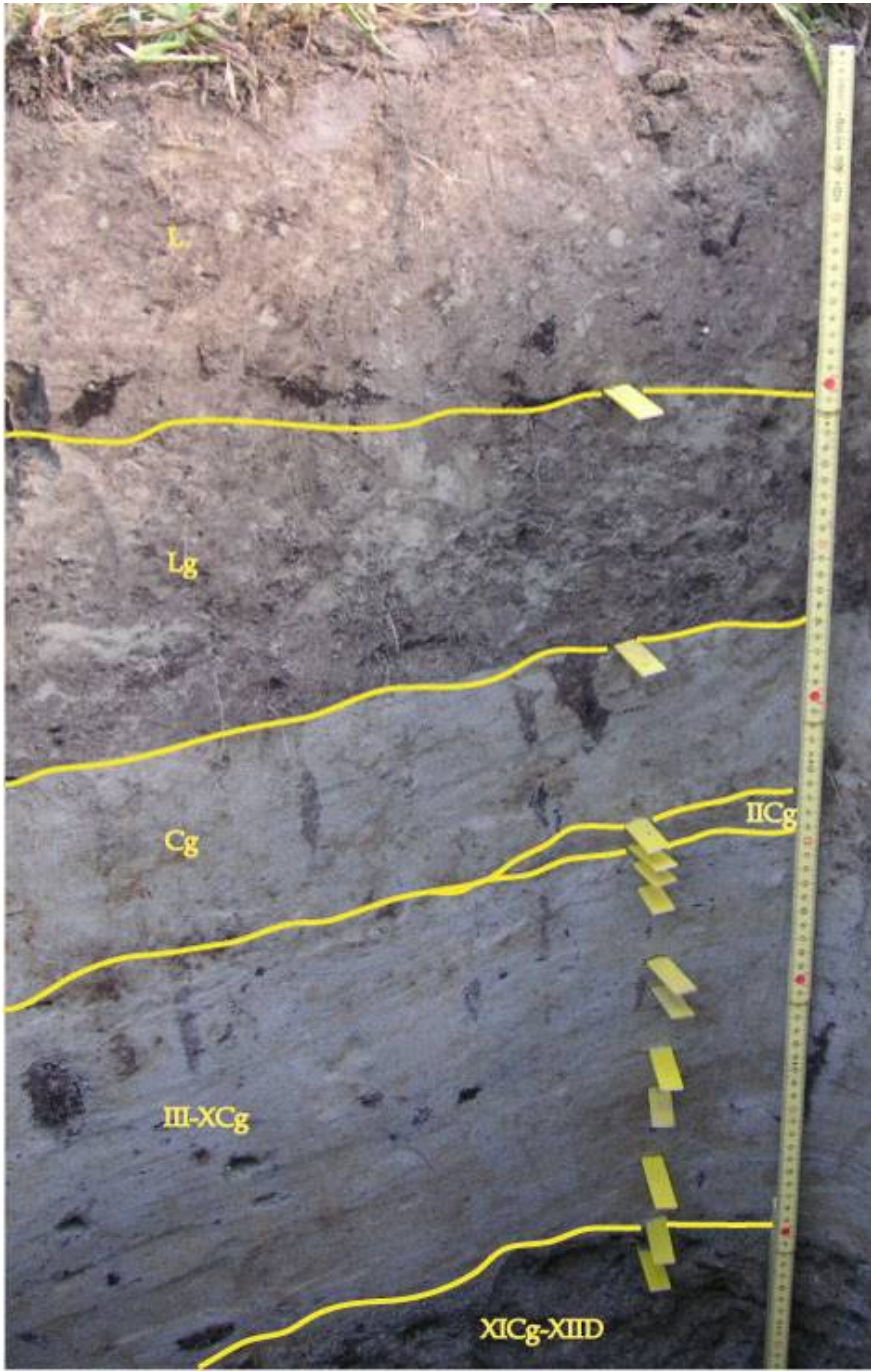
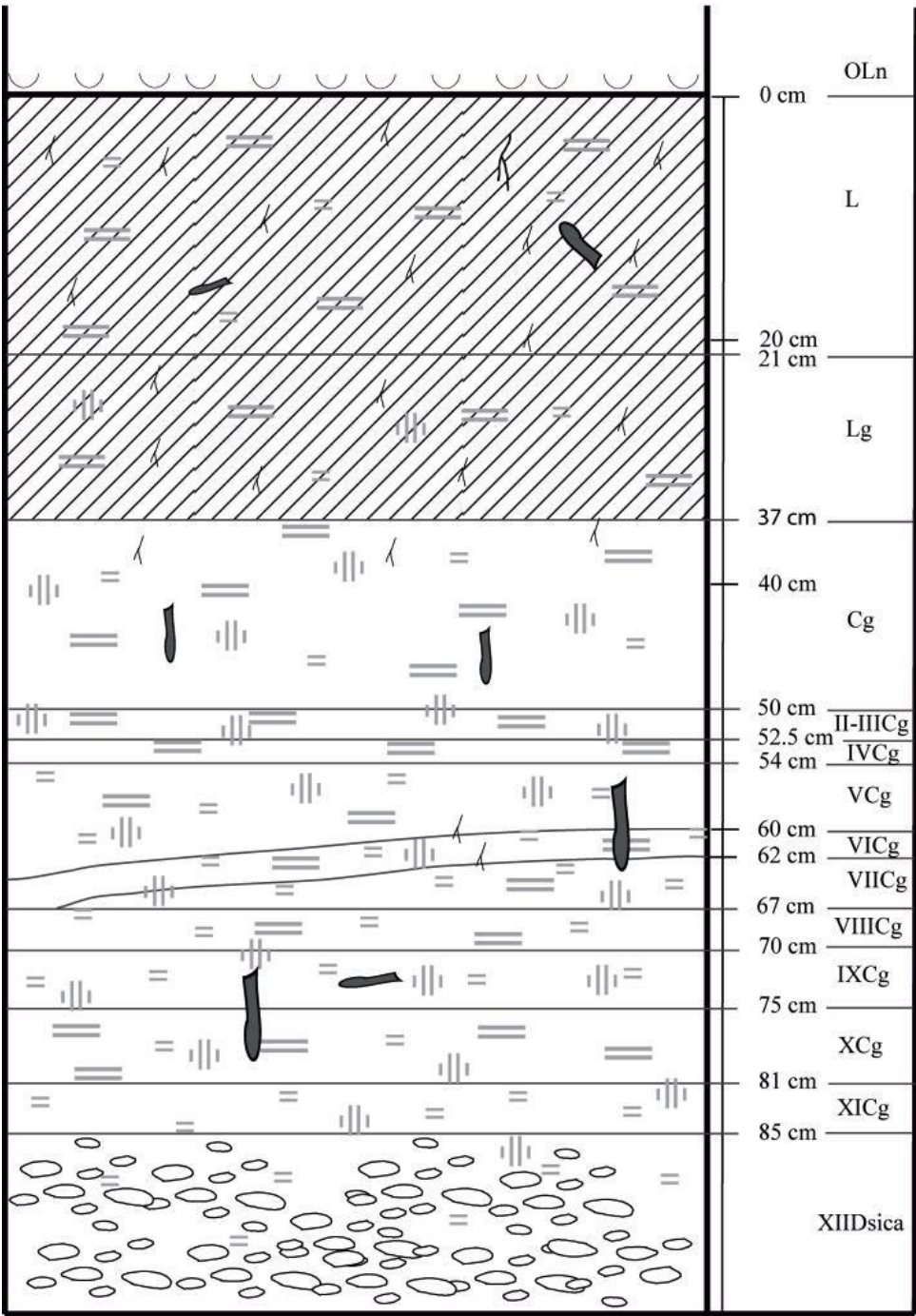
Données stationnelles
Lieu-dit : Les Epeney
Canton : Valais
Commune : Saillon
Date : 30.11.2006
Météo : temps clair, dégagé, frais (gel la nuit)
Altitude : 465m
Orientation de la face : N 305° (O-SO)
Coordonnées : 580.186 112.150
Situation et végétation : plantation d'abricotiers basse tige. Espacement d'environ 12m entre chaque arbre. Présence d'un rideau-abri à 14.5m. A 16m du canal, entre 2eme et 3eme rangée d'arbre. Recouvrement du sol par des herbacées.

Description des horizons																										
Nom de l'horizon	Profondeur [cm]	Limite inf.					Transition					Racines/5 rg, - / l *	Structure					Texture			Matériaux grossiers [%]	pH	HCl/4	Couleur Munsell	Autre descripteurs : organismes, pellets, MO, propriétés mécaniques	
		-	ob	sn	lg	int	df	gr	dt	n	tn		p	g	P	c	pl	s	l	a						
OL	+0.5-0			X					X											0						feuilles herbacées de l'année, qqes feuilles d'abricotier
LA1	0-1	X							X			4/5		X				X	x	0	7	2.5	2.5Y 2.5/1		macrostructure, boulettes fécales, très noir	
LA2	1-13	X							X			2/5		X				X	x	3	6.5	3	2.5Y 3/1		plus grumeleux et plus clair que LA1, morceaux de plastique, boulettes de limons clairs, qqes inclusions de bois mort	
LCg1	13-44			X					X			1/5	X					X	x	0	7.5	4	5Y 4/1		début de structure polyédrique, peu compacté, très hétérogène	
LCg2	44-57			X					X			1/5	X						X	0	6.5	3	5Y 4/3		début de structure polyédrique, plus humide, taches rondes noires comme des racines décomposées	
Cg	57-71			X					X			1/5	X					X		0	6.5	3	5Y 5/2		taches d'oxydation diffuses, bois mort assez petit	
IICg1	71-75		X				X					0/5	X					x	X	0	5.5	4/4	5Y 4/2			
IICg2	75-83	X								X		0/5	X					X	x	0	5.5	4/4	5Y 4/1		macrorestes organiques qui ressemblent à un bout de bois décomposé, formant une grosse tache très locale	
IIICg	83-99	X					X					0/5	X					X		0	6.5	4/4	2.5Y 4/2		macrorestes organiques en taches distinctes, sable grossier, taches d'oxydation éparses	
IVCg	99-114	X								X		0/5	X					X		0	8	3/4	5Y 3/1		sables plus fin et très humides (remontée de l'eau par capillarité), beaucoup de bois flotté à la limite inférieure	
VD	114											0/5	X					X		50-60	8	3/4	2.5Y 4/2		éléments grossiers : max à 4cm, bcp à 2cm et majorité à 1.2-2cm. Niveau de la nappe phréatique	

Abréviations			
-	horizontale	tn	très nette
ob	oblique	rg	régularité
sn	sinueuse	/	oblique
lg	en langue	l	vertical
int	interrompue	*	ttes directions
df	diffuse	p	particulaire
c	cohésion	g	grumeleux
gr	graduelle	P	polyédrique
dt	distincte	pl	plasticité (0, <, moy.)
n	nette		

Annexe 3.3. Profil P3, schéma et photo

Rarogne
5.12.2006
REDOXISOL fluviq, anthropisé



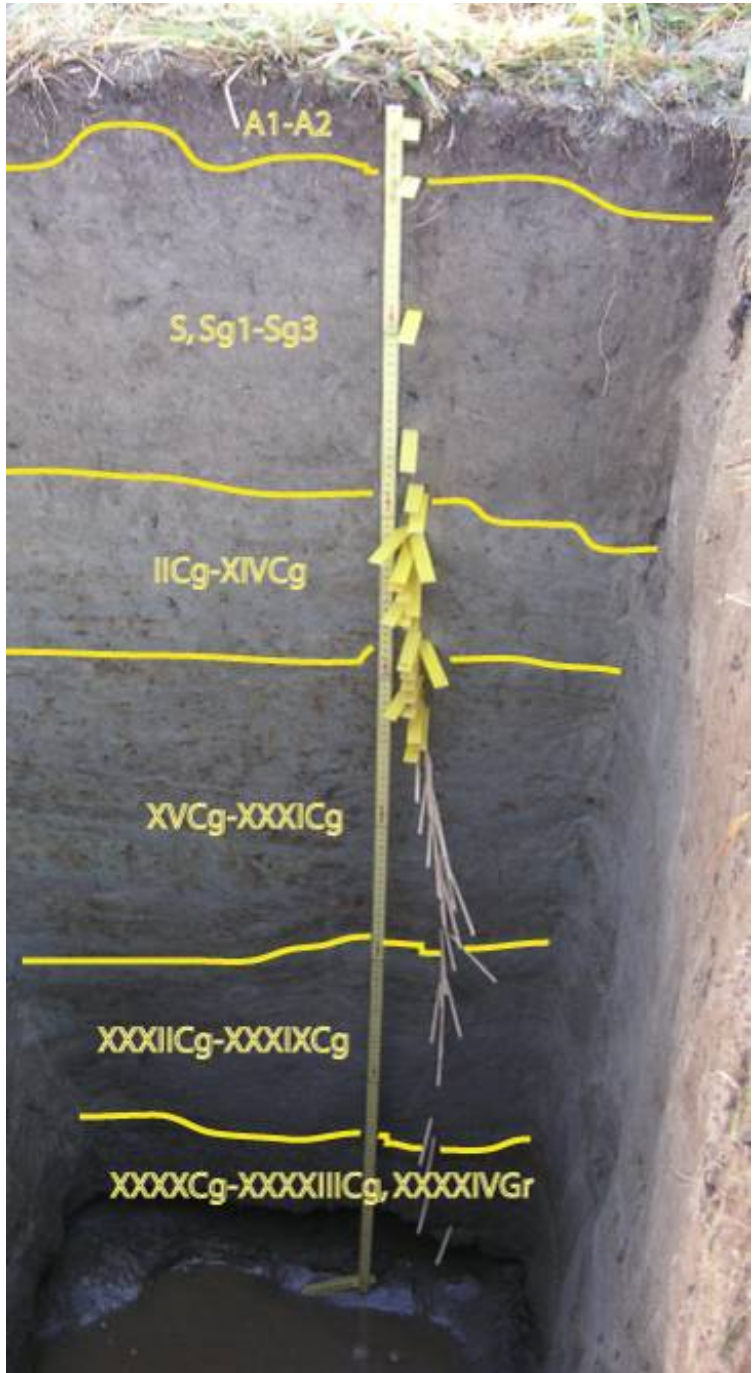
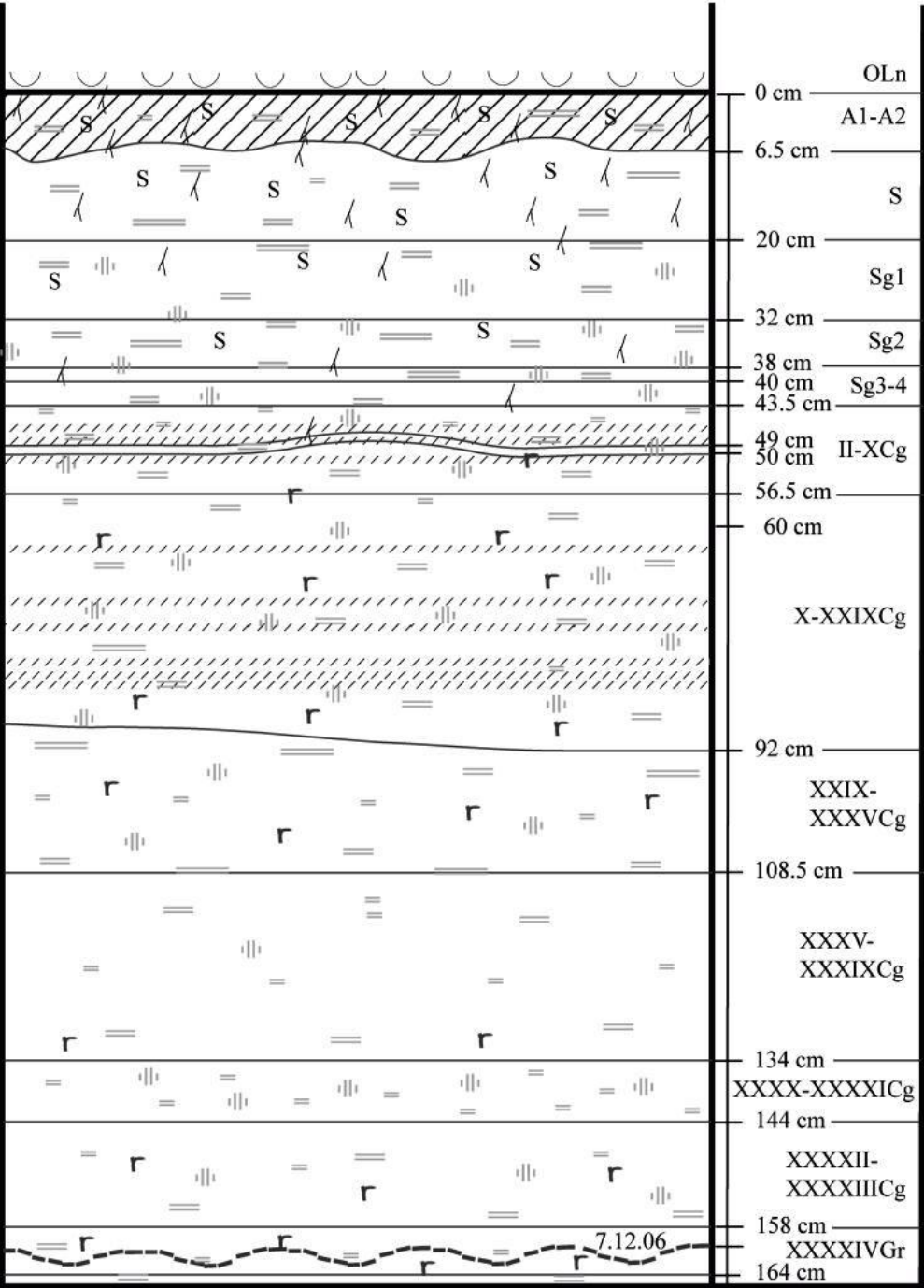
Annexe 3.4. Profil P3, données stationnelles et description des horizons

Données stationnelles						
Lieu-dit : -						
Canton : Valais						
Commune : Rarogne						
Date : 05.12.2006			Abréviations			
Météo : pluie la veille, sec et froid, quelques nuages			-	horizontale	tn	très nette
Altitude : 645m			ob	oblique	rg	régularité
Orientation de la face : -			sn	sinueuse	/	oblique
Coordonnées : 631.396 128.288			lg	en langue	l	vertical
Situation et végétation : Champ ouvert, récemment ressemé en culture, quelques reste de blé de l'année précédente. A 24m du sud du champ et à 24m du côté ouest. Canal avec arbres et buissons du côté sud.			int	interrompue	*	ttes directions
			df	diffuse	p	particulaire
			c	cohésion	g	grumeleux
			gr	graduelle	P	polyédrique
			dt	distincte	pl	plasticité (0, <, moy.)
			n	nette		

Description des horizons																										
Nom de l'horizon	Profondeur [cm]	Limite inf.					Transition					Racines/5	Structure					Texture			Matériaux grossiers [%]	pH	HCl/4	Col	Autres descripteurs : organismes, pellets, MO, propriétés mécaniques	
		-	ob	sn	lg	int	df	gr	dt	n	tn	rg, - / l *	p	g	P	c	pl	s	l	a				Munsell		
L	0-21	X					X					1/5			X	b	b	x	X		0	8.5	4/4	2.5Y 3/2	morceaux de bois décomposé, structure polyédrique sub-angleuse, quasi-absence de vdt, taches de sable non mélangées dues au labour.	
Lg	21-37	X									X	2/5			X	b	b	x	X		0	8.5	4/4	2.5Y 4/2	structure polyédrique sub-angleuse, traces d'anciennes racines, quelques rares taches d'oxydation dans les zones claires, quelques taches de sable non-mélangées	
Cg	37-50	X							X			1/5	X			b	b	x	X		0	8	3/4	2.5Y 5/3	sable fin en taches mais différente granulo qu'en-dessus, présence de vieilles racines, bcp de taches d'oxydation diffuses de forme irrégulière	
IICg	50-51.5	X								X		0/5	X			b	b		X		0	7.5-8	4/4	5Y 5/2	macrorestes organiques à la limite sup de l'horizon, taches d'oxydation en bandes	
IIICg	51.5-52.5	X								X		0/5	X			b	b		X		0	7.5	3/4	5Y 6/2	nombreuses taches d'oxydation en bandes	
IVCg	52.5-54	X								X		0/5	X			b	b		X		0	7.5	2/4	5Y 6/1	moins de taches d'oxydation qu'en-dessus, macrorestes organiques à la limite inf.	
VCg	54-60		X							X		0/5	X			b	b	X	x		0	7	3/4	5Y 5/2	macrorestes organiques, nombreuses taches d'oxydation diffuses, horizon bien compact	
VICg	60-62		X							X		1/5	X			b	b	X	x		0	7	2/4	5Y 5/2	peu de taches d'oxydation	
VIICg	62-67	X								X		0/5	X			b	b	X			0	6.5	2/4	5Y 5/2	très peu de limons, sable fin, nombreuses taches d'oxydation, horizon non continu	
VIIICg	67-70	X								X		0/5	X			b	b	X	x		0	6.5	2/4	5Y 6/2	traces d'anciennes racines, taches d'oxydation nombreuses	
IXCg	70-75	X								X		0/5	X			b	b	X			0	6.5	2/4	5Y 5/2	nombreuses taches d'oxydation diffuses et presque continues, donne une couleur presque homogène	
XCg	75-81	X									X	0/5	X			b	b		X		0	6.5	2/4	5Y 6/2	taches d'oxydation assez abondantes	
XICg	81-85	X								X		0/5	X			b	b		X		0	6	2/4	5Y 5/1	sable grossier, couleur hétérogène, bcp de macrorestes organiques, quelques taches d'oxydation diffuses	
XIID	85											0/5	X			b	b		X		50	7	2/4	5Y 5/1	sable grossier + graviers + galets (entre 1 et 4cm), macrorestes organiques	
Remarque : nappe phréatique pas atteinte																										

Annexe 3.5. Profil P4, schéma et photo

Jaggaseiu, Tourtemagne
07.12.2006
REDUCTISOL TYPIQUE fluviatique, à horizon de surface structuré



	Sables carbonatés		Litière
	Limons carbonatés		Couche organo-minérale
	Argiles carbonatées		Petite racine
	Matériaux grossiers		Turricule ou galerie de lombric
	Tache d'oxydation du fer		Macrorestes organiques
	Tache de réduction du fer		Horizon A enfoui
	Limite de la nappe phréatique		

Annexe 3.6. Profil P4, données stationnelles et description des horizons

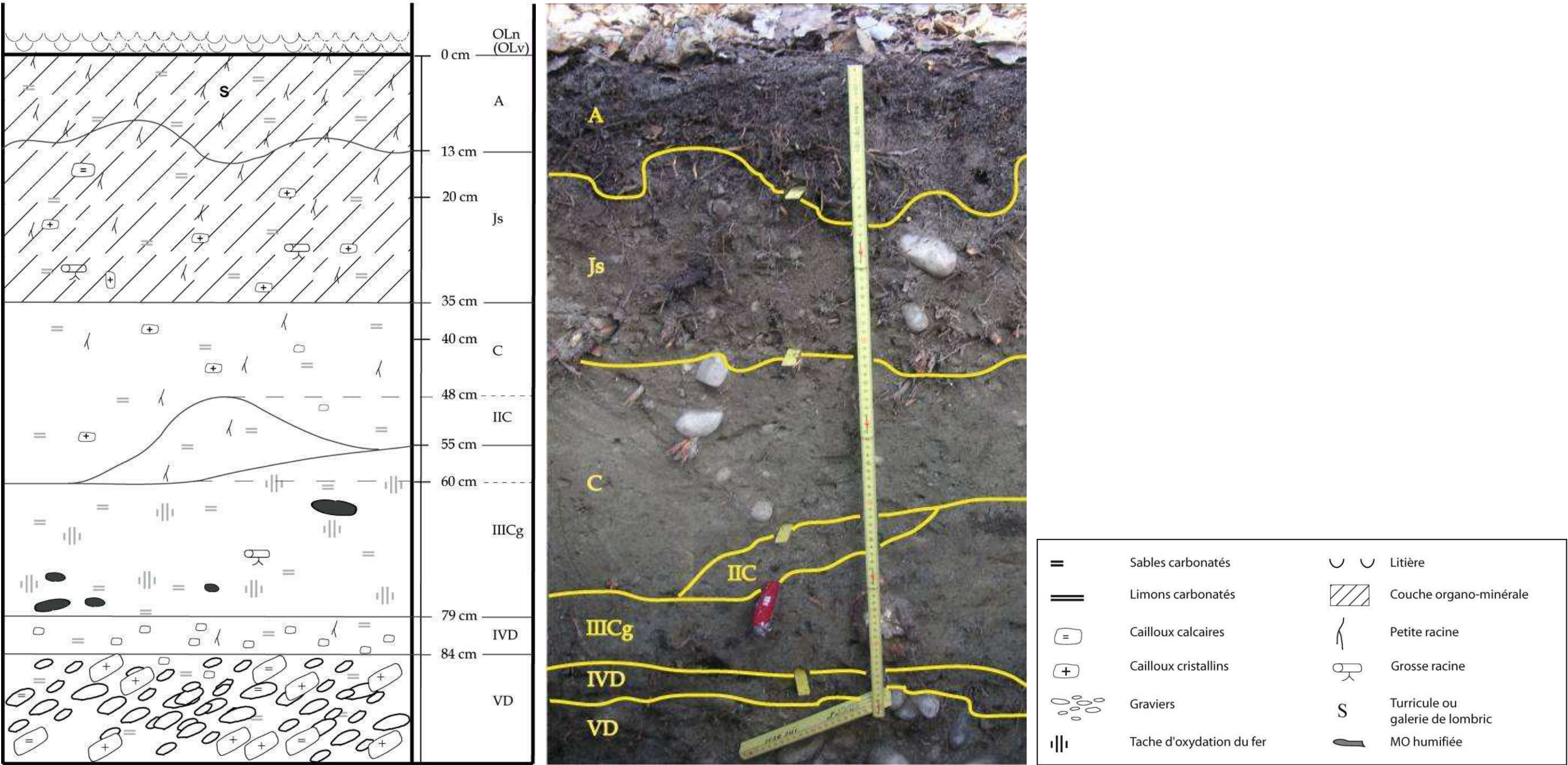
Données stationnelles						
Lieu-dit : Jaggaseiu						
Canton : Valais						
Commune : Tourtemagne						
Date : 07.12.2006			Abréviations			
Météo : pluie l'avant veille, sec et froid, 80-100% de nébulosité			-	horizontale	tn	très nette
Altitude : 625m			ob	oblique	rg	régularité
Orientation de la face : N 50°			sn	sinueuse	/	oblique
Coordonnées : 619.171 128.254			lg	en langue	l	vertical
Situation et végétation : Pré ouvert, graminées, Betula sp, Salix sp, arbres fruitiers (Rosacées). Apparemment pas de labour récent.			int	interrompue	*	ttes directions
			df	diffuse	p	particulaire
			c	cohésion	g	grumeleux
			gr	graduelle	P	polyédrique
			dt	distincte	pl	plasticité (0, <, moy.)
			n	nette		

Description des horizons																										
Nom de l'horizon	Profondeur [cm]	Limite inf.					Transition					Racines/5 rg, - / l *	Structure					Texture			Matériaux grossiers [%]	pH	HCl/4	Couleur Munsell	Autres descripteurs : organismes, pellets, MO, propriétés mécaniques	
		-	ob	sn	lg	int	df	gr	dt	n	tn		p	g	P	c	pl	s	l	a						
A1	0-1.5	X					X					5/5		X		m	m		X	x	5	9	2/4	10YR 3/2	peu de vdt, il y a peut-être un horizon de labour mais très peu visible (à confirmer avec les analyses granulo) et seul jusqu'à 38-40cm, bcp de boulettes fécales.	
A2	1.5-6.5			X				X				4/5		X		m	m		X	x	0-5	9	2/4	10YR 4/2	bcp de boulettes fécales (petite et moyenne taille), présence de vdt et MO	
S	6.5-20	X							X			3/5			X	m	m		X	x	5	8.5	4/4	5Y 4/2	qqes grains de sable, bcp de vdt, peu de boulettes fécales	
Sg1	20-32	X								X		2/5			X	m	m		X	x	5	8.5	4/4	5Y 4/2	peu de boulettes fécales, quelques taches d'oxydation peu marquées	
Sg2	32-38	X					X					2/5			X	m	m		X	x	0-5	8	4/4	5Y 5/2	qqes boulettes fécales, bcp de vdt, taches d'oxydation assez nombreuses et réparties uniformément mais peu marquées et petites	
Sg3	38-40	X								X		1/5			X	m	m		X	x	1-2	8	4/4	5Y 5/2	qqes boulettes fécales, pas de vdt apparents, taches d'oxydation comme horizon sup	
Sg4	40-43.5	X								X		1/5			X	m	m		X	x	1-2	7.5	3/4	5Y 5/3	pas de pellets, squelette jusqu'à 1-2 mm, taches brunes d'anciennes racines	
IICg	43.5-44	X							X			1/5	m			m	0	X		0	6.5	2/4	5Y 6/2	qqes taches d'oxydation aux limites sup. et inf. de l'horizon		
IIICg	44-45	X								X		1/5	m		x	m	0		X	0	5.5	2/4	5Y 5/3	taches d'oxydation peu nombreuses, orange, dans les traces d'anciennes racines		
IVCg	45-46	X					X					1/5	m			m	0	x	X	0	6.5	2/4	5Y 5/3	taches d'oxydation idem que l'horizon sup.		
VCg	46-47.5	X							X			1/5	m			m	0		X	0	6.5	3/4	5Y 5/3	pourrait potentiellement contenir de la MO		
VICg	47.5-49			X					X			1/5	m			m	0	x	X	0	6.5	2/4	5Y 5/3	taches d'oxydation plus nombreuses, bien réparties et plus colorées. Débris organiques bruns plus nombreux		
VIIICg	49-50			X					X			1/5	m			m	0		X	0	5.5	2/4	5Y 5/2	rares taches d'oxydation, traces d'anciennes racines, peut-être taches de réduction à confirmer		
VIIICg	50-50.5	X								X		1/5	m			m	0	x	X	0	5.5	2/4	5Y 5/3	nombreues taches d'oxydation bien réparties et oranges, restes de MO		
IXCg	50.5-51	X								X		1/5	m			m	0		X	0	6	2/4	5Y 5/2	taches d'oxydation rares, traces de MO, taces de réduction à confirmer		
XCg	51-56.5	X							X			1/5	m			m	0		X	0	6.5	2/4	5Y 5/2	taches d'oxydation oranges bien réparties, bcp de traces de MO brune jusqu'à 5mm de diamètre, taches de réduction à confirmer		
XICg	56.5-57.5	X							X			1/5	m			m	0	X	x	0	6	2/4	5Y 5/4	très nombreuses taches d'oxydation régulières, bcp de traces de MO (1-2cm de diamètre)		
XIICg	57.5-58.5	X							X			1/5	m			m	0	x	X	0	5.5	3/4	5Y 5/2	nombreuses taches d'oxydation diffuses jaune-orange, réduction potentielle		
XIIICg	58.5-60	X							X			1/5	m			m	0	X	x	0	6	2/4	5Y 5/3	idem que l'horizon sup.		

Nom de l'horizon	Profondeur [cm]	Limite inf.				Transition				Racines/5	Structure				Texture				Matériaux grossiers [%]	pH	HCl/4	Couleur	Autres descripteurs : organismes, pellets, MO, propriétés mécaniques
XIVCg	60-63.5	X							X	1/5	m			m	0		X		0	5.5	3/4	5Y 5/3	idem que l'horizon sup.
XVCg	63.5-64	X							X	1/5	m			m	0		X		0	6.5	3/4	5Y 5/2	peu de taches d'oxydation, MO potentielle, réduction potentielle
XVICg	64-65.5	X							X	1/5	m			m	0		X		0	7	2/4	2.5Y 5/4	nombreuses taches d'oxydation moins marquées qu'au-dessus, débris de MO, réduction potentielle
XVIICg	65.5-67	X						X		1/5	m			m	0		X		0	7	2/4	5Y 5/3	idem que l'horizon sup.
XVIICg	65.5-67	X						X		1/5	m			m	0		X		0	7	2/4	5Y 5/3	idem que l'horizon sup.
XVIICg	65.5-67	X						X		1/5	m			m	0		X		0	7	2/4	5Y 5/2	peu de taches d'oxydation, peu de débris de MO, réduction potentielle
XIXCg	69-70	X					X			1/5	m			m	0		X		0	7	3/4	5Y 5/2	idem que l'horizon sup. Racines jusqu'à 72cm
XXCg	70-72.5	X					X			1/5	m			m	0		X		0	5.5	2/4	5Y 5/3	taches d'oxydation assez nombreuses de jaune à orange, traces brunes de MO, oxydation autour de la MO
XXICg	72.5-74.5	X					X			1/5	m			m	0		X		0	6.5	2/4	5Y 5/3	peu de taches d'oxydation, nombreuses taches de MO
XXIICg	74.5-76.5	X						X		1/5	m			m	0		X		0	5.5	2/4	5Y 4/3	peu de taches d'oxydation, bcp de traces de MO en bandes localisées
XXIIICg	76.5-79.5	X							X	1/5	m			m	0		X		0	5.5	3/4	5Y 5/3	idem que l'horizon précédent, horizon A potentiel
XXIVCg	79.5-82	X					X			1/5	m			m	0		X		0	6	3/4	5Y 4/3	bcp de taches d'oxydation orange à rouge, bcp de traces de MO en amas
XXVCg	82-83.5	X						X		1/5	m			m	0		X	x	0	5.5	2/4	5Y 5/3	idem que l'horizon précédent
XXVICg	83.5-86	X							X	1/5	m			m	0	x	X		0	6	3/4	5Y 4/3	taches d'oxydation assez nombreuses orange à rouge en bandes localisées sur le bas de l'horizon, traces de MO superposées aux taches d'oxydation
XXVIICg	86-89	X						X		1/5	m			m	0		X		0	6.5	2/4	5Y 5/3	taches d'oxydation peu nombreuses jaune orange réparties uniformément et faiblement marquées, peu de traces de MO, réduction potentielle
XXVIICg	86-89	X						X		1/5	m			m	0	X	x		0	6.5	4/4	5Y 4/3	Idem que l'horizon précédent
XXIXCg	90-92		X						X	1/5	m			m	0		x	X	0	7	3/4	5Y 5/3	la limite sup. de l'horizon remonte jusqu'à 88cm sur la gauche du profil, réduction potentielle, nombreuses taches d'oxydation orange diffuses, traces de MO superposées aux taches d'oxydation
XXXCg	92-96.5	X						X		1/5	m			m	0	X			0	6	2/4	5Y 5/3	sables fins, taches d'oxydation assez nombreuses sur le bas de l'horizon orange à rouge diffuses et peu marquées, peu de traces de MO
XXXICg	96.5-100	X						X		1/5	m			m	0	X	x		0	7	2/4	5Y 5/3	taches d'oxydation peu nombreuses diffuses orange, très peu de MO, réduction potentielle
XXXIICg	100-101.5					X			X	1/5	m			m	0	X			0	6	3/4	5Y 5/2	horizon en lentille de 30cm de largeur, taches d'oxydation rares diffuses jaune orange, traces de MO rares à la limite sup.
XXXIICg	100-101.5					X			X	1/5	m			m	0	X	x		0	7	3/4	5Y 4/3	taches d'oxydation assez nombreuses jaune orange très diffuses, pas de traces de MO, réduction potentielle
XXXIICg	100-101.5					X			X	1/5	m			m	0	X	x		0	7	3/4	5Y 4/3	taches d'oxydation assez nombreuses jaune orange très diffuses, pas de traces de MO, réduction potentielle
XXXIVCg	102.5-106.5	X					X		X	1/5	m			m	0		X		0	6.5	2/4	5Y 5/3	taches d'oxydation orange assez nombreuses sur le premier cm de l'horizon, pas de traces de MO, réduction potentielle
XXXVCg	106.5-108.5	X							X	0/5	m			m	0		X	x	0	7	3/4	5Y 5/3	rares taches d'oxydation diffuses orange, rares traces de MO millimétriques, réduction potentielle
XXXVICg	108.5-111.5	X						X		0/5	m			m	0	X	x		0	5.5	4/4	5Y 5/2	très rares taches d'oxydation peu marquées et diffuses, localement bcp de traces d'anciennes racelles sur 10cm de large brunes
XXXVIICg	111.5-117	X	X				X			0/5	m			m	0		X		0	6.5	3/4	5Y 5/3	taches d'oxydation très rares en petits rond <5cm non-diffuses, pas de MO
XXXVIICg	111.5-117	X					X			0/5	m			m	0		X		0	6	2/4	5Y 5/2	idem que l'horizon précédent, traces d'anciennes racelles de 15cm
XXXIXCg	131-134	X							X	0/5	m			m	0	x	X		0	5.5	1-2/4	5Y 5/2	idem que l'horizon précédent, traces de MO très rares, réduction potentielle
XXXXCg	134-138	X	X				X			0/5	m			m	0	X			0	7	3/4	5Y 4/3	sables grossiers (grève alluviale ?), taches d'oxydation nombreuses diffuses bien marquées orange, pas de traces de MO
XXXXICg	138-144	X	X					X		0/5	m			m	0	X			0	6.5	3/4	5Y 5/2	sables grossiers, taches d'oxydation peu nombreuses diffuses orange, pas de trace de MO
XXXXIICg	144-153	X	X				X			0/5	m			m	0	X	x		0	7	4/4	5Y 5/2	idem que l'horizon précédent
XXXXIIICg	153-158	X							X	0/5	m			m	0		X		0	7	1-2/4	5Y 5/2	aucune tache d'oxydation, MO en taches très diffuses claires, réduction potentielle
XXXXIVGr	158-164	X						X		0/5	m			m	0	X	x		0	7	2/4		pas de taches d'oxydation, horizon réduit
Remarque : présence de la nappe phréatique à 160cm																							

Annexe 3.7. Profil P5, schéma et photo

Lac de la Brèche, Sierre
20.03.2007
FLUVIOSOL TYPIQUE rédoxique



Annexe 3.8. Profil P5, données stationnelles et description des horizons

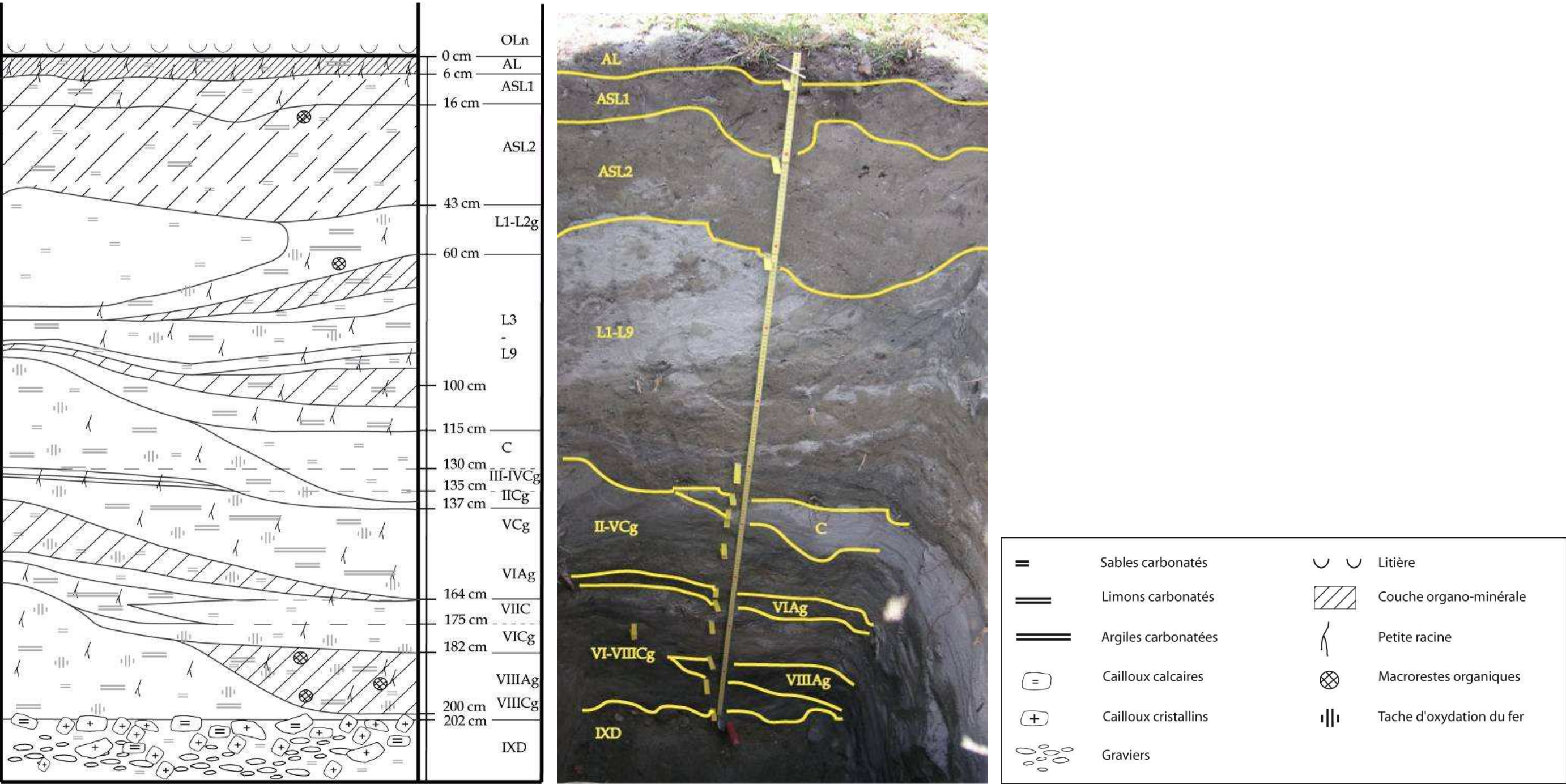
Données stationnelles															
Lieu-dit : Lac de la Brèche															
Canton : Valais															
Commune : Sierre												Abréviations			
Date : 20.03.2007												-	horizontale	tn	très nette
Météo : sec, froid (8°C), nébulosité de 100%												ob	oblique	rg	régularité
												sn	sinueuse	/	oblique
Altitude : 501m												lg	en langue	l	vertical
Orientation de la face : N 200°												int	interrompue	*	ttes directions
Coordonnées : 600.598 122.545												df	diffuse	p	particulaire
												c	cohésion	g	grumeleux
Situation et végétation : Forêt de feuillus (<i>Populus sp</i> , <i>Fraxinus sp</i> , <i>Betula sp</i> , Charme) et buissons (<i>Viburnum lantana</i> , <i>Cornus sp</i> , <i>Clematis sp</i>). Ce serait apparemment une relique de forêt alluviale, mais à vérifier. Entre le canal et le lac.												gr	graduelle	P	polyédrique
												dt	distincte	pl	plasticité (0, <, moy.)
												n	nette		

Description des horizons																										
Nom de l'horizon	Profondeur [cm]	Limite inf.					Transition					Racines/5 rg, - / l *	Structure					Texture			Matériaux grossiers [%]	pH	HCl/4	Col Munsell	Autres descripteurs : organismes, pellets, MO, propriétés mécaniques	
		-	ob	sn	lg	int	df	gr	dt	n	tn		p	g	P	c	pl	s	l	a						
OLn	5-1	X								X																
(OLv)	1-0	X								X																sporadique
A	0-13	X		X					X			4,bonne,-, fines		X		sf	0	X			1(cailloux)	7	3/4	10R 2.5/1	horizon A de juxtaposition, 1 vdt, stabilité essentiellement due aux racines, sable grossier	
Js	13-35	X					X					3,bonne,- ,moy	m			m	0	X			15(gal, caill)	7	3/4	2.5Y 4/3	MO diffusée depuis le haut du profil, qqes agrégats	
C	35-47	X							X			1,pas régulier	m			m	0	X			5(gal, caill)	7	3/4	5Y 5/3		
IIC	47-63			X		X				X		1,bonne,- ,fines	m			m	0	X			0	8	3	5Y 4/2	sable plus grossier que l'horizon au-dessus, poche donc non continu dans le profil	
IIICg	63-79	X									X	1,non,- ,grosse	m			m	0	X			0	8	3	5Y 4/3	sable plus fin que la poche, taches d'oxydation (40%, en zig-zag, diffuses, peu marquées, jaune-orange), traces de MO humifiée en taches et lentilles.	
IVD	79-84	X								X		1,bonne, fines,*	m			m	0	X			40(gal, grav)	8	3	5Y 4/2	sable grossier, grève alluviale mais avec peu de matériaux grossiers	
VD	84-...											-	m			m	0	X			70(pier, caill)	8	3	5Y-4/2	grève alluviale, limite inférieure non découverte. Orientation galets et pierres de la grève alluviale nettoyés : faces orientées N-NE, sens supposé du courant N-NE à S-SE. Valable seulement pour les plus gros éléments.	

Remarque : la nappe phréatique n'a pas été atteinte

Annexe 3.9. Profil P6, schéma et photo

Ferme des Îles, Martigny
03.03.2007
FLUVIOSOL TYPIQUE rédoxique, anthropisé, polyphasé, à horizon de surface structuré



Annexe 3.10. Profil P6, données stationnelles et description des horizons

Données stationnelles														
Lieu-dit : Ferme des Îles														
Canton : Valais														
Commune : Martigny														
Date : 03.03.2007										Abréviations				
Météo : ensoleillé, chaud (20°C), nébulosité de 20%										-	horizontale	tn	très nette	
Altitude : 456m										ob	oblique	rg	régularité	
Orientation de la face : N 125(SE)°										sn	sinueuse	/	oblique	
Coordonnées : 570.587 108.716										lg	en langue	l	vertical	
Situation et végétation : Vieux verger d'abricotiers en fleurs. 2 lignes écartées de 6m environs, à 10m de la carrière. Pauvre végétation herbacée dont principalement des espèces pionnières ; recouvrement d'environs 50%. Bcp de taupinières.										int	interrompue	*	ttes directions	
										df	diffuse	p	particulaire	
										c	cohésion	g	grumeleux	
										gr	graduelle	P	polyédrique	
										dt	distincte	pl	plasticité (0, <, moy.)	
										n	nette			

Description des horizons																										
Nom de l'horizon	Profondeur [cm]	Limite inf.					Transition					Racines/5 rg, - / l *	Structure					Texture			Matériaux grossiers [%]	pH	HCl/4	Col	Autres descripteurs : organismes, pellets, MO, propriétés mécaniques	
		-	ob	sn	lg	int	df	gr	dt	n	tn		p	g	P	c	pl	s	l	a				Munsell		
AL	0-6			x				x				4/5,I,f		x		m	0	X	x		5-10	8.0	4	2.5Y3/3	bouts de bois non décomposés	
ASL1	6-21			x					x			1-2/5,I,f	m		x	f	0	X	x		0	7.5	4	2.5Y4/3	bouts de bois non décomposés	
ASL2	21-46			x						x		1/5,I,f	m		x	f	0	X	x		0	6.5	4	2.5Y4/2	1 bout de bois non décomposé, moins de MO qu'au-dessus	
L1	46-67		x	x						x		0	m			m	0	x			0	7	4	5Y6/1	nodules limoneux de 0-5cm ressemblant à L2. Horizon de sable grossier	
L2g	67-73		x						x			1/5,-	m		x	f	m		X	x	0	7.5	4	5Y5/1	nodules de couleur claire et d'autres plus foncée, +ou- riche en argile	
L3	73-81		x							x		0	m		x	f	<	X	x		0	7	4	5Y4/2	petites taches brunes sont d'anciennes traces de racines, plus foncé qu'au-dessus	
L4	81-83		x				x			x	x	0	m			m	0	x			0	6.5	3	5Y5/2	quelques sables grossiers	
L5g	83-95	x								x		1,-			x	f	<	x	X		0	7	4	5Y5/3	nodules plus foncés comme L2 avec taches d'oxydation	
L6	95-97	x		x						x		1,-	m			m	0	x			0	7	4	5Y5/2	quelques sables grossiers, bout de plastique rose trouvé en échantillonnant	
L7	97-98	x					x			x		2,-			x	f	<	x	X		0	7.5	4	5Y4/3	quelques taches de MO noire, gros bout de charbon découvert en échantillonnant	
L8	98-103		x	x			x					1,-			x	f	<	x	X		0	9	4	5Y4/1	faiblement polyédrique, plus foncé donc MO ?, nodules très sombres et très clairs, dominante gris-noir, 1 bout de fer	
L9	103-115		x	x							x	1,-			x	f	<		x		0	8.5	4	5Y4/2	bouts de fer à la limite inférieure, petits nodules, plutôt brun, ressemble à ASL2 et L7	
C	115-120		x	x						x		1,-	m			m	0	x			0	9	4	5Y5/1	sable fin sur le haut et grossier sur le bas, alternance de lits mm fins et grossiers ressemblant à des mini-chenaux, même chose sur la face droite (cf photo)	
IICg	120-124		x				x					1,-,f			x	f	<	x	X		0	8.5	4	5Y4/1	taches d'oxydation localisées	
IIICg	124-129	x	x				x			x		0			x	f	<		x		0	8	4	5Y4/2		
IVCg	129-130.5	x	x				x				x	1,-,f			x	f	m			x	0	9	4	5Y4/1	gris foncé, très doux, comme du graphite	
VCg	130.5-146		x								x	3,-,f	m				s	>		X	X	0	9	4	5Y5/2	structure feuilletée, taches d'oxydation en bandes, alternance plus foncé et jaune

Nom de l'horizon	Profondeur [cm]	Limite inf.				Transition				Racines/5	Structure				Texture	Matériaux grossiers [%]	pH	HCl/4	Col	Autres descripteurs : organismes, pellets, MO, propriétés mécaniques				
VIAg	146-152		x			x	x		x		0	m	x		m	0	x			0	7	4	2.5Y4/2	sable grossier, brun foncé, taches d'oxydation diffuses et très légères
VICg	152-161 et 162-175		x						x		1,-,mf	m			m	0	x			1	8	3	5Y4/2	taches d'oxydation en bandes sur la partie inférieure, sables grossiers et quelques graviers
VIIC	161-162					x				x	1,-,f	m			s			X	x	0	9	4	5Y2/1	strié et feuilleté mais peu marqué, colle beaucoup, gris-noir foncé
VIII Ag	175-187		x			x	x				1,-,f				s	<	x	X		5	6.5	4	2.5Y3/1	graviers, structure feuilletée, beaucoup de bois mort, vieilles herbes, graines, taches d'oxydation orange
VIICg	187-200	x								x	1,-,f				s	<	x	X		0	6	4	5Y4/1	structure feuilletée moins marquée, à tendance polyédrique, taches d'oxydation vers les racines et dans la partie inférieure, oranges, diffuses et un peu jaune
IXD	200-										0	m			m	0	x			50	6	3	5Y5/2	matrice de sable grossier
Remarques : la nappe phréatique n'a pas été atteinte. Présence de coquilles de mollusque jusqu'au fond du profil.																								

ANNEXE 4. ANALYSE GRANULOMETRIQUE

Annexe 4.1. Protocole de laboratoire, analyse granulométrique

Introduction

Ce protocole a été élaboré sur la base du précédent protocole de laboratoire utilisé à l'Institut de géologie de l'Université de Neuchâtel (Chalumeau, 2003). Des additions de paragraphes complets, ainsi que des modifications de paragraphes existants ont été apportées au protocole initial, en raison de la présence parfois prépondérante, dans les échantillons traités, d'éléments dont la taille dépasse 2 mm. N'ayant pas ou peu d'éléments d'une telle taille dans son étude, Chalumeau (2003) n'avait pas abordé ce problème.

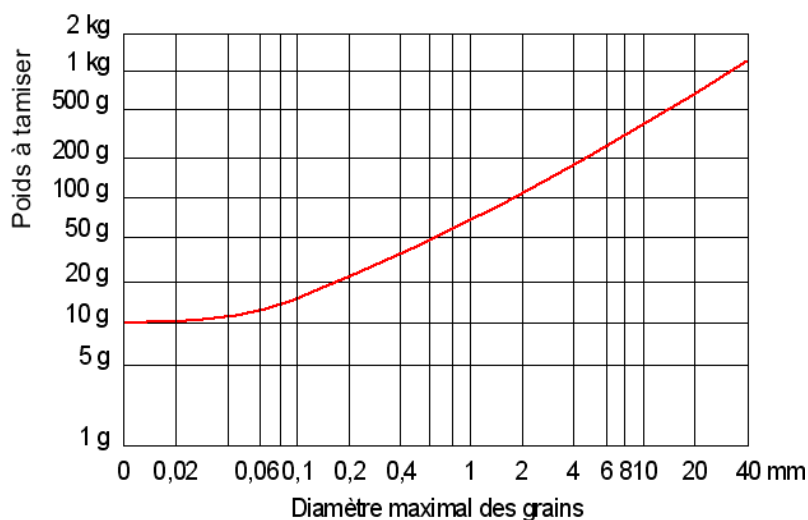
Echantillonnage

Dans le but d'obtenir des résultats statistiquement fiables, les analyses granulométriques doivent en premier lieu être précédées sur le terrain d'un échantillonnage qui, qualitativement et quantitativement (Verger, 1976), tienne compte des besoins de la méthode.

La qualité de l'échantillonnage dépend principalement des conditions météorologiques, de la configuration de la zone d'étude, et de la personne effectuant les prélèvements. Les deux premiers facteurs sont difficiles, voir impossible à contrôler ou à modifier. En suivant une méthode précise prédéfinie, le facteur humain peut être minimisé, surtout si plusieurs personnes sont impliquées lors de cette étape.

La quantité d'échantillon à prélever est influencée par la granulométrie maximale du sédiment à étudier. Plus un sédiment est fin, moins il en faut pour pouvoir effectuer une granulométrie statistiquement représentative. Par exemple 50 g ou plus sont nécessaires pour un sédiment très sableux, alors que 10 g suffisent pour un sédiment argileux fin.

Dans le but d'optimiser la quantité de matériel à prélever sur le terrain et à traiter ensuite en laboratoire, la courbe suivante a été utilisée :



Une fois au laboratoire, les techniques granulométriques ne sont pas directement applicables aux sédiments bruts récoltés. Il faut donc les préparer afin d'isoler les particules détritiques insolubles en éliminant le reste.

Préparation des échantillons

Chaque échantillon est au préalable enregistré au laboratoire, et reçoit un numéro unique. Pour des raisons pratiques, les échantillons sont séchés à l'étuve à 45° C et non à l'air, soit dans leur sachet plastique d'origine, soit dans des récipients appropriés. Une fois secs, un premier tamisage à sec à 2 mm est effectué, en raison de la présence parfois dominante de particules grossières cristallines et/ou carbonatées. Dans certaines études, nul n'est besoin de passer par cette étape. Dans le cas de zones alluviales, il est dangereux de la supprimer. La limite de tamisage a été choisie à 2 mm car elle correspond à une limite respectée en pédologie (AFES, 1995), et également à la limite qui permet de discerner aisément à l'oeil nu les fractions carbonatées des non carbonatées. Il serait également illogique de décarbonater (voir point 4 "Elimination des carbonates") des éléments grossiers. Les fractions grossières, soit ≥ 2 mm, subiront un traitement simplifié, alors que les fractions inférieures, soit < 2 mm, subiront le traitement granulométrique classique.

Fractions grossières, ≥ 2 mm

1. Rincer la fraction ≥ 2 mm à l'eau déminéralisée et récupérer l'eau et les particules fines. Il est déjà possible à ce stade d'éliminer les éléments clairement biologiques, comme les racines. Les particules grossières sont remises à l'étuve à 45° C dans un nouveau sachet. Les particules fines récupérées au rinçage sont remises avec la fraction < 2 mm, et le tout également remis à l'étuve à 45° C.
2. Les particules ≥ 2 mm sont ensuite tamisées pour séparer les fractions de :
 - a. 2 à 4 mm
 - b. 4 à 8 mm
 - c. 8 à 16 mm
 - d. ≥ 16 mm
3. Pour chaque fraction (2 à 4, 4 à 8, 8 à 16, et ≥ 16 mm), chaque grain est testé au HCl et séparé dans deux cuvettes, selon la réaction : positive = carbonaté, négative = non carbonaté. Les grains sont ensuite rincés à l'eau déminéralisée, et remis à sécher 1 ou 2 jours à l'étuve à 45° C. Chaque famille de grains de chaque fraction est ensuite pesée et stockée pour d'autres analyses éventuelles.

Fractions fines, < 2 mm

1. Peser des gobelets plastiques d'environ 100 ml allant à la centrifugeuse et noter le numéro de chaque échantillon au feutre indélébile sur chaque gobelet.
2. Mettre une quantité adéquate et représentative de matériel dans les gobelets précédemment pesés, selon la courbe de prélèvement des échantillons, 30 g environ par gobelet pour notre étude, pesés exactement, soit une hauteur de 1.5 à 2 cm au maximum. Répartir un échantillon dans deux gobelets si nécessaire, les traitements ultérieurs en seront facilités.
3. Mettre en place le matériel pour l'élimination des carbonates.

Elimination des carbonates

1. Allumer la hotte de chimie en PV (petite vitesse) et mettre sa blouse.
2. Mouiller l'échantillon avec de l'eau distillée (pissette jaune ou robinet à pastille blanche).
3. A l'aide d'une pipette Pasteur ajouter de façon ménagée de l'HCl à 10%, mélanger, et vérifier à la touche de papier pH que le pH ne tombe pas en dessous de 3 ou 2, ceci pour

réduire au minimum l'attaque des particules argileuses fragiles. Si c'est le cas, contrer cette chute par un ajout de quelques gouttes de NaOH 1 M/1 N.

4. Une fois le pH stabilisé aux alentours de 3, porter à ébullition modérée pendant 15 minutes en remuant régulièrement.

Rinçage

Il est nécessaire d'éliminer la solution usée, car quand des carbonates sont présents en quantité notable, l'attaque est rapidement freinée par les ions Ca et Mg présents dans la solution, même en présence d'un grand excès d'acide.

1. Laisser refroidir ou faire refroidir dans un bain d'eau froide.
2. Disperser le culot dans de l'eau distillée jusqu'à la moitié des flacons, les boucher et les agiter énergiquement.
3. Centrifuger la solution usée pendant 5 min à 3000 tr/min à 20°C.
4. Sortir les flacons et aspirer le liquide clair surnageant à l'aide de la pompe à vide. Attention à ne pas perdre de matériel. Il doit rester collé au fond et l'eau doit être limpide.
5. Le processus est répété jusqu'au début de défloculation. Souvent après avoir effectué 2 fois cette manipulation, le liquide surnageant est déjà blanchâtre, et le pH neutre (à vérifier au papier pH), ce qui correspond à l'élimination apparente des carbonates.
6. La 2ème attaque est facultative. Recommencer les phases des paragraphes «Élimination des carbonates» n° 1 à 3, et «Rinçage» n° 1 à 5.

Élimination de la matière organique

1. Les matières organiques doivent ensuite être éliminées, et en particulier les composés humiques, dont l'absorption par les particules argileuses peut modifier profondément les propriétés physiques du sédiment (taille des particules, propriétés de suspension,...).
2. Travailler encore une fois directement dans les gobelets ; humidifier le matériel avec de l'eau distillée si nécessaire.
3. Disperser le culot de centrifugation précédemment obtenu dans environ 50 ml d'eau oxygénée à 35%. Attention aux débordements : si la mousse risque de déborder, ajouter un jet d'alcool éthylique.
4. Porter la solution à un pH compris entre 8 et 8.5 à l'aide d'une solution de NaOH 1 M versée goutte à goutte en agitant. L'action de l'eau oxygénée se traduit par la formation de mousse due au dégagement de CO₂ et la disparition progressive des teintes foncées des humâtes.
5. La suspension préalablement agitée est ensuite couverte par un verre de montre, et laissée 12 heures à reposer.
6. Mettre au bain-marie ou sur une plaque chauffante réglée à une température voisine de 50°C, de manière à ne pas produire d'ébullition. Afin d'accélérer la réaction ajouter de petites doses (5 ml environ) d'eau oxygénée à 35% jusqu'à absence de réaction. L'opération dure généralement plusieurs heures et peut devenir interminable lorsque les matières organiques sont présentes en grande abondance. La réaction est stoppée au bout d'une semaine.
7. Pour évacuer l'excédant d'eau oxygénée, porter à ébullition modérée pendant 15 min en remuant régulièrement.
8. Paragraphe «Rinçage» n° 1 à 5.

Pesée des échantillons

1. Peser des coupelles propres et sèches en marquant le nom des échantillons.
2. Verser les échantillons traités dans les coupelles. Veiller à bien récupérer tout l'échantillon possible.
3. Faire sécher à l'étuve à 45°C.
4. Une fois les échantillons secs, les peser dans leur coupelle. La différence obtenue avec l'échantillon pesé au départ donne une indication sur la perte en carbonates et en matière organique de l'échantillon. Une analyse au RockEval sera nécessaire pour connaître le taux précis de matière organique de l'échantillon.

Dispersion et défloculation

1. Mettre les échantillons dans un bécher.
2. Réhydrater l'échantillon avec de l'eau distillée.
3. Mettre l'échantillon en suspension par agitation (à la main).
4. Ajouter 20 ml d'une solution défloculante d'hexamétophosphate de sodium (Calgon) à 40 g/l à l'aide d'une pipette.
5. Boucher le bécher à l'aide d'un verre de montre.
6. Mettre un agitateur magnétique dans le bécher, le mettre sur l'agitateur rotatif et le laisser tourner pendant 17 heures. La suspension est alors prête à être tamisée.

Tamisage

Le tamisage est fondé sur l'emploi de tamis et d'une vibreuse permettant de séparer les fractions grossières de taille supérieure à 63 microns.

1. Vérifier si tous les tamis sont en bon état et propres (sinon les nettoyer à l'aide d'une brosse et d'un pic pour les mailles les plus importantes).
2. Les tamis de maille 63 μm , 125 μm , 250 μm , 500 μm , 1 mm sont emboîtés et forment ainsi une colonne de mailles décroissantes de haut en bas.
3. Positionner la tamiseuse vibrante sur la table en verre et la brancher.
4. Raccorder le tuyau du couvercle à un robinet d'eau.
5. Positionner sur la tamiseuse l'élément inférieur à fond plein qui permettra de récupérer les particules qui traverseront la colonne de tamis.
6. Emboîter la colonne de tamis dans l'élément plein.
7. Disposer un bac propre et assez grand dans l'évier.
8. Faire arriver le tuyau du dernier élément dans le bac.
9. Disposer l'échantillon dans le premier tamis, mettre le couvercle et, par la même occasion, l'arrivée d'eau en place (bien serrer car il permet de maintenir la colonne en place et de serrer les tamis afin d'éviter toute fuite). L'apport d'eau facilite l'entraînement des particules argileuses.
10. Ouvrir l'arrivée d'eau et mettre en marche la tamiseuse avec une vitesse de vibration moyenne (50) et ce, pendant 5 à 15 min. Dès que l'eau sortant de la colonne est parfaitement propre, arrêter la vibreuse, couper l'arrivée d'eau et enlever le couvercle. Adapter le temps de filtration aux échantillons.
11. Préparer des coupelles pour chaque tamis en y indiquant le numéro de l'échantillon ainsi que la taille des mailles du tamis et les peser. Préparer aussi deux flacons de 25 ml pour chaque échantillon, en indiquant sur le flacon et le couvercle le nom de l'échantillon ainsi que < 63 μm .

12. Nettoyer les grains retenus par les tamis à l'aide d'un pinceau à poils souples et d'un jet de pipette tout en restant au dessus de la colonne.
13. Récupérer dans les coupelles correspondantes ce qui est resté dans les tamis et les mettre à l'étuve à 45°C.
14. Les particules ayant franchi le dernier tamis se trouvent dans le bac. Elles sont prélevées dans les flacons de 25 ml (préparés en 11) après avoir été remises en suspension par agitation. L'analyse par le système Oriel est alors possible. Les flacons peuvent être stockés, mais à l'abri de la lumière et en y ajoutant une goutte d'alcool, évitant ainsi le développement d'algues. Il est cependant préférable de faire l'analyse tout de suite.
15. Une fois les coupelles et leur contenu sec, les peser et récupérer le matériel par fraction dans des sachets numérotés afin de pouvoir les utiliser pour des analyses ultérieures.

Oriel

Ce système par laser mesure la concentration des particules de la solution, obtenue au point 14 du paragraphe précédent, pour chaque fraction granulométriques inférieure à 63 microns. Pour avoir des résultats plus précis, chaque échantillon sera mesuré 3 fois, et ce pendant 160 secondes.

Matériel

1. Une poubelle,
2. un bécher qui servira de poubelle pour les liquides,
3. une pissette d'eau déminéralisée,
4. une fiole d'eau ultra pure,
5. un rouleau de papier essuie tout,
6. des pipettes Pasteur et deux embouts,
7. un support pour les deux pipettes Pasteur,
8. une fiole plastique carrée (ou une série),
9. un agitateur magnétique miniature,
10. une chaise,
11. une feuille de papier et un crayon, ou un ordinateur.

Préparation du système Oriel

1. Mettre sous tension l'ordinateur et la machine, allumer l'écran.
2. Sous le DOS, après « C: \> » taper « CIS1 » et « Enter » pour entrer dans le système.
3. Taper F5 pour entrer dans le menu « Set parameter ».
4. Taper F1, puis taper dans :
 - o F3 (Acquis. range) : 0-63
 - o F6 (Stirrer speed) : speed 3
 - o F8 (Flash) : Fast
 Ressortir de F1 avec « Esc ».
5. Entrer dans le menu F4 (Table ranges), puis tout effacer avec F3 (Delete all ranges), « yes », puis taper F1 (Add range) et entrer : 0-1 ; 1-2 ; 2-4 ; 4-8 ; 8-16 ; 16-32 ; 32-63 puis taper sur « Esc » 3 fois pour revenir sous F5.
6. Entrer dans le menu F5 (Set repetitive parameter) et entrer les paramètres suivants :
 - o F1 (Acquisition type) : T
 - o F2 (Acquisition time) : 160
 - o F3 (Number of acq.) : 3
 - o F4 (Delay between acq.) : 0

- o F5 (Pause between acq.) : No
 - o F6 (Sample name) : nom de l'échantillon. sum
 - o F7 (File name) : nom de l'échantillon
7. Puis ressortir en tapant 2 fois Esc.
 8. Pour effectuer les mesures aller dans F10 (Repetitive mode) et taper sur n'importe quelle touche afin que la machine se règle (ceci n'est valable que pour la première fois). Elle revient alors sous « Set repetitive parameter ». Il faut alors préparer l'échantillon.

Préparation de l'échantillon

1. Secouer l'échantillon s'il a été gardé un moment de côté avant l'analyse et le passer quelques secondes aux ultrasons jusqu'à ce que les particules collées au fond soient complètement décollées.
2. Prendre une fiole plastique carrée propre et y introduire l'agitateur magnétique miniature en veillant à ce qu'il puisse tourner sur lui-même selon un axe vertical.
3. Remplir la fiole d'eau ultra pure jusqu'à 5 mm bord à l'aide de la première pipette Pasteur. Lors de cette opération il faut faire attention à ne pas former de bulles d'air sur les bords de la fiole.
4. Secouer le flacon de l'échantillon, prélever un peu de liquide à l'aide de la deuxième pipette Pasteur, attendre 3 sec, jeter les quelques gouttes qui se trouvent dans la partie la plus fine de la pipette et introduire environ 3 gouttes d'échantillon dans la fiole préalablement préparée. Adapter le nombre de gouttes à la concentration de l'échantillon.

Mesures

1. Sous « Set repetitive parameter » vérifier le nom de l'échantillon et appuyer sur « Ins ».
2. Insérer la fiole dans la machine en faisant attention au sens si elle a des côtés sablés puis lancer les mesures en appuyant sur une touche.
3. Vérifier que la valeur « SDU » soit entre 2 800 et 3 500. Si ce n'est pas le cas, arrêter la mesure en appuyant sur « Esc » et préparer à nouveau la solution. Recommencer la mesure en retournant dans F10 (repetitive mode).
4. Récupérer les résultats après la mesure de chaque échantillon, sortir du menu en appuyant une fois sur Esc, puis aller dans F4 (Table) puis dans F6 (Volume (ranges)).
5. Prendre note des données.
6. Ressortir du menu Table avec la touche Esc.

Changement d'échantillon

7. Retourner dans le menu F10 (Repetitive mode) pour changer le nom de l'échantillon au niveau de F6 et de F7.
8. Préparer le nouvel échantillon avec du matériel propre, selon les instructions du paragraphe «Préparation des échantillons» n°3, dans la section «Oriel».

Bibliographie

- AFES, 1995. Référentiel pédologique. Techniques et pratiques. Institut National de la Recherche Agronomique, Paris, 332 p.
- Chalumeau, L., 2003. Etude stratigraphique de la séquence sédimentaire du site archéologique de Marin-Les Piécettes (NE). Institut de géologie, Université de Neuchâtel, Neuchâtel, 95 p. Travail non publié.
- Verger, F., 1976. Les techniques d'analyse granulométriques. Editions du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 64 p.

Annexe 4.2. Résultats de l’analyse granulométrique

N°	Nom	Profondeur [cm]	0 à 1 µm [%]	1 à 2 µm [%]	2 à 4 µm [%]	4 à 8 µm [%]	8 à 16 µm [%]	16 à 32 µm [%]	32 à 63 µm [%]	63 à 125 µm [%]	125 à 250 µm [%]	250 à 500 µm [%]	500 µm à 1 mm [%]	1 à 2 mm [%]	2 à 4 mm [%]	4 à 8 mm [%]	8 à 16 mm [%]	>16 mm [%]	Total [%]
1	P1-LA2	1-13	0.15	0.44	1.82	4.47	4.14	11.58	12.60	20.44	23.72	15.34	2.71	0.53	0.31	0.51	1.23	0.00	100.00
2	P1-LCg1	13-44	0.01	0.03	0.11	0.28	0.42	1.20	2.92	11.93	48.57	26.50	4.60	2.09	0.06	0.25	1.04	0.00	100.00
3	P1-LCg2	44-57	0.01	0.03	0.11	0.23	0.26	0.74	1.75	5.71	20.07	29.85	37.27	3.98	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
4	P1-Cg	57-71	0.05	0.16	0.67	1.51	1.60	4.41	7.92	42.04	36.85	4.49	0.30	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
5	P1-II Cg1	71-75	0.06	0.21	0.91	2.55	3.86	11.90	29.09	33.39	16.38	1.37	0.26	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
6	P1-II Cg2	75-83	0.01	0.02	0.08	0.18	0.30	0.89	2.45	3.93	24.53	54.69	12.58	0.35	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
7	P1-III Cg	83-99	0.55	1.35	4.32	8.17	9.06	15.49	9.34	13.60	13.76	17.14	2.82	0.12	0.99	2.60	0.69	0.00	100.00
8	P1-IV Cg	99-114	0.33	0.78	2.64	4.81	4.58	8.41	11.69	25.33	25.87	12.55	1.24	0.08	1.31	0.38	0.00	0.00	100.00
9	P1-VD	114-X	0.05	0.17	0.81	1.69	1.71	4.39	6.89	9.12	10.58	6.84	1.21	0.24	7.60	12.35	20.37	15.99	100.00
10	P3-L	0-21	0.01	0.04	0.17	0.41	0.47	1.27	2.03	7.23	25.72	37.44	15.27	9.93	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
11	P3-Lg	21-37	0.02	0.06	0.21	0.46	0.50	1.93	3.62	22.01	20.08	17.64	15.93	17.50	0.02	0.00	0.00	0.00	100.00
12	P3-Cg	37-50	0.01	0.05	0.17	0.44	0.63	2.86	10.21	47.45	32.23	2.46	1.65	1.84	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
13	P3-II Cg	50-51.5	0.01	0.03	0.11	0.29	0.65	2.40	5.64	37.61	39.93	12.39	0.95	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
14	P3-III Cg	51.5-52.5	0.02	0.06	0.26	0.67	1.26	5.97	17.83	47.87	23.34	2.47	0.24	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
15	P3-IV Cg	52.5-54	0.02	0.05	0.21	0.49	0.87	4.76	12.64	44.72	31.37	4.61	0.26	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
16	P3-VCg	54-60	0.07	0.26	1.22	3.29	4.76	22.36	58.72	6.83	2.16	0.30	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
17	P3-VI Cg	60-62	0.05	0.17	0.85	2.40	4.98	10.08	11.58	53.55	15.23	1.04	0.07	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
18	P3-VII Cg	62-67	0.12	0.33	1.09	2.49	3.88	16.06	43.73	28.24	3.59	0.43	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
19	P3-VIII Cg	67-70	0.07	0.20	0.77	1.76	3.37	15.55	48.40	27.22	2.52	0.12	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
20	P3-IX Cg	70-75	0.48	1.10	3.37	5.26	4.93	12.45	43.93	26.15	2.25	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
21	P3-XCg	75-81	0.04	0.12	0.57	1.50	2.27	5.04	8.87	43.53	35.71	2.25	0.01	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	100.00
22	P3-XI Cg	81-85	0.50	0.97	2.65	4.51	3.64	14.92	36.76	22.30	6.20	0.51	0.17	0.07	6.43	0.38	0.00	0.00	100.00
23	P3-XIID	85-95	0.13	0.33	1.28	3.10	4.13	11.91	21.20	10.83	3.16	0.59	0.15	0.05	10.44	11.62	14.08	6.99	100.00
24	P4-A2	1.5-6.5	0.18	0.43	1.37	2.86	3.56	8.18	5.10	36.36	31.61	6.59	1.47	1.09	0.71	0.48	0.00	0.00	100.00
25	P4-S	6.5-20	0.03	0.08	0.36	0.74	0.63	1.45	1.36	9.99	32.97	29.14	14.20	7.81	0.76	0.07	0.41	0.00	100.00
26	P4-Sg1	20-32	0.01	0.04	0.21	0.53	0.64	1.48	1.33	7.16	42.33	35.40	8.03	1.96	0.42	0.17	0.27	0.00	100.00
27	P4-Sg2	32-38	0.01	0.03	0.15	0.30	0.35	0.72	1.17	3.85	20.07	36.18	24.21	12.69	0.14	0.13	0.00	0.00	100.00
28	P4-Sg3	38-40	0.00	0.02	0.08	0.21	0.31	1.08	1.37	5.79	23.60	35.97	21.14	10.20	0.11	0.13	0.00	0.00	100.00
29	P4-Sg4	40-43.5	0.08	0.30	1.49	3.98	6.94	19.66	38.32	19.05	7.16	2.12	0.56	0.29	0.04	0.00	0.00	0.00	100.00
30	P4-II Cg	43.5-44	0.02	0.05	0.23	0.55	0.75	2.50	3.48	21.61	55.32	15.33	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
31	P4-III Cg	44-45	0.02	0.07	0.32	0.90	2.33	6.34	16.60	51.14	22.00	0.24	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
32	P4-IV Cg	45-46	0.01	0.05	0.19	0.58	1.23	3.15	5.89	20.85	50.48	17.12	0.40	0.01	0.03	0.00	0.00	0.00	100.00
33	P4-VCg	46-47.5	0.07	0.24	1.08	3.21	5.45	17.11	28.26	30.46	9.96	3.88	0.16	0.00	0.11	0.00	0.00	0.00	100.00
34	P4-VI Cg	47.5-49	0.06	0.22	0.90	2.08	3.98	12.79	34.00	43.21	2.58	0.13	0.00	0.00	0.04	0.00	0.00	0.00	100.00
35	P4-VII Cg	49-50	0.03	0.10	0.51	1.42	2.69	11.31	22.39	36.05	23.47	1.75	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
36	P4-VIII Cg	50-50.5	0.02	0.07	0.28	0.75	1.18	3.30	8.09	40.49	41.02	4.34	0.29	0.01	0.18	0.00	0.00	0.00	100.00
37	P4-IX Cg	50.5-51	0.27	0.95	3.47	6.45	5.88	18.14	35.13	24.30	5.15	0.10	0.01	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	100.00
38	P4-XCg	51-56.5	0.04	0.11	0.38	0.89	1.93	5.26	8.77	42.51	37.66	2.44	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
39	P4-XI Cg	56.5-57.5	0.03	0.18	0.67	1.88	4.53	19.08	53.22	16.14	3.87	0.28	0.00	0.00	0.13	0.00	0.00	0.00	100.00
40	P4-XII Cg	57.5-58.5	0.12	0.28	0.98	1.99	3.24	12.95	34.14	37.05	9.05	0.13	0.00	0.00	0.07	0.00	0.00	0.00	100.00
41	P4-XIII Cg	58.5-60	0.10	0.27	1.12	3.13	4.63	19.43	40.05	25.48	4.05	0.06	0.00	0.00	0.00	1.69	0.00	0.00	100.00
42	P4-XIV Cg	60-63.5	0.05	0.15	0.64	1.71	3.73	11.84	18.43	41.77	20.73	0.95	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
43	P4-XV Cg	63.5-64	0.09	0.35	1.50	3.90	5.73	18.83	38.93	26.68	3.87	0.06	0.00	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	100.00

N°	Nom	Profondeur [cm]	0 à 1 µm [%]	1 à 2 µm [%]	2 à 4 µm [%]	4 à 8 µm [%]	8 à 16 µm [%]	16 à 32 µm [%]	32 à 63 µm [%]	63 à 125 µm [%]	125 à 250 µm [%]	250 à 500 µm [%]	500 µm à 1 mm [%]	1 à 2 mm [%]	2 à 4 mm [%]	4 à 8 mm [%]	8 à 16 mm [%]	>16 mm [%]	Total [%]
44	P4-XVICg	64-65.5	0.01	0.06	0.37	1.68	3.89	15.41	45.41	29.91	3.20	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
45	P4-XVIIcG	65.5-67	0.02	0.08	0.31	1.08	2.88	13.12	37.45	39.84	5.19	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
46	P4-XVIIIcG	67-69	0.05	0.14	0.64	2.05	5.33	20.31	47.23	22.76	1.47	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
47	P4-XIXcG	69-70	0.02	0.10	0.54	1.83	4.29	18.63	52.82	20.42	1.14	0.01	0.14	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
48	P4-XXcG	70-72.5	0.02	0.08	0.37	1.40	3.17	16.52	60.50	17.25	0.69	0.00	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
49	P4-XXIcG	72.5-74.5	0.10	0.27	0.98	2.81	5.76	17.92	33.94	35.39	2.82	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
50	P4-XXIIcG	74.5-76.5	0.16	0.43	1.60	4.42	7.91	23.71	51.87	9.21	0.58	0.03	0.01	0.00	0.06	0.00	0.00	0.00	100.00
51	P4-XXIIIcG	76.5-79.5	0.14	0.33	1.22	3.02	5.31	19.06	45.03	24.10	1.72	0.00	0.01	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
52	P4-XXIVcG	79.5-82	0.07	0.29	1.57	4.59	9.33	28.32	42.83	11.91	0.95	0.06	0.02	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
53	P4-XXVcG	82-83.5	0.03	0.15	0.65	1.91	3.99	15.81	47.38	27.15	2.85	0.06	0.01	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
54	P4-XXVICg	83.5-86	0.03	0.06	0.24	0.88	2.15	15.65	74.20	5.97	0.67	0.03	0.03	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
55	P4-XXVIIcG	86-89	0.02	0.08	0.48	1.53	4.25	16.00	34.04	37.57	5.82	0.09	0.03	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
56	P4-XXVIIIcG	89-90	0.03	0.09	0.42	1.36	2.77	10.74	27.00	50.80	6.62	0.08	0.01	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
57	P4-XXIXcG	90-92	0.01	0.10	0.53	2.01	5.37	16.85	38.42	32.85	3.60	0.06	0.04	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
58	P4-XXXcG	92-96.5	0.08	0.25	1.08	2.50	3.58	17.40	53.87	17.48	3.62	0.06	0.03	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
59	P4-XXXIcG	96.5-100	0.08	0.30	1.41	4.10	8.47	21.31	35.04	25.81	3.15	0.06	0.09	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
60	P4-XXXIIcG	100-101.5	0.08	0.23	0.91	2.04	2.26	13.05	48.19	28.19	4.87	0.08	0.06	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
61	P4-XXXIIIcG	101.5-102.5	0.09	0.29	1.39	4.46	6.87	19.62	38.22	25.70	3.28	0.05	0.02	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
62	P4-XXXIVcG	102.5-106.5	0.05	0.21	1.12	3.29	6.60	23.80	36.57	23.96	4.21	0.08	0.05	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
63	P4-XXXVcG	106.5-108.5	0.08	0.27	1.12	3.03	5.69	21.22	33.00	24.83	10.31	0.32	0.07	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
64	P4-XXXVICg	108.5-115.5	0.11	0.35	1.40	3.65	4.32	16.80	48.41	19.82	4.77	0.17	0.08	0.11	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
65	P4-XXXVIIcG	115.5-117	0.07	0.23	0.89	2.17	2.90	11.81	48.95	25.36	7.18	0.23	0.11	0.08	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
66	P4-XXXVIIIcG	117-131	0.19	0.61	2.57	5.46	5.09	15.15	32.38	27.63	10.29	0.31	0.17	0.15	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
67	P4-XXXIXcG	131-134	0.08	0.27	1.09	2.99	5.72	20.58	40.31	21.81	6.69	0.21	0.12	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
68	P4-XXXXcG	134-138	0.44	1.01	3.81	9.15	9.05	19.73	29.42	21.17	3.96	0.32	0.28	0.22	1.44	0.00	0.00	0.00	100.00
69	P4-XXXXIcG	138-144	0.69	1.27	5.07	9.43	9.57	23.00	24.82	18.66	3.72	0.59	0.47	0.50	1.89	0.34	0.00	0.00	100.00
70	P4-XXXXIIcG	144-153	0.77	1.33	4.27	8.18	9.49	19.28	36.11	12.92	4.09	1.32	1.21	0.88	0.16	0.00	0.00	0.00	100.00
71	P4-XXXXIIIcG	153-158	0.33	0.69	2.28	4.36	4.59	16.56	35.55	14.19	10.22	5.28	2.88	2.22	0.85	0.00	0.00	0.00	100.00
72	P4-XXXXIVGr	158-164	0.12	0.33	1.23	2.97	5.53	16.54	37.80	13.91	10.52	5.61	3.05	1.86	0.41	0.11	0.00	0.00	100.00
73	P5-A	0-13	0.02	0.06	0.24	0.56	0.71	1.54	3.61	3.95	9.02	24.70	30.46	15.98	1.19	1.75	6.21	0.00	100.00
74	P5-Js	13-35	0.02	0.08	0.31	0.67	0.77	2.00	5.10	8.44	13.32	27.24	19.77	3.21	2.13	1.75	5.80	9.39	100.00
75	P5-C	35-47	0.01	0.02	0.11	0.37	0.56	2.05	5.29	15.46	32.98	16.41	3.46	1.09	1.79	2.15	2.01	16.22	100.00
76	P5-IIC	47-63	0.02	0.06	0.25	0.52	0.53	2.09	6.87	17.46	20.77	20.33	18.89	6.56	2.39	2.49	0.77	0.00	100.00
77	P5-IIICg	63-79	0.01	0.04	0.21	0.57	1.01	3.31	6.36	21.37	25.35	16.18	14.92	6.22	0.41	0.13	1.75	2.15	100.00
78	P5-IVD	79-84	0.02	0.08	0.37	0.88	1.06	2.21	5.94	13.94	14.97	10.59	11.34	3.39	2.56	5.29	11.84	15.52	100.00
79	P5-VD	84-X	0.01	0.03	0.13	0.29	0.30	0.99	2.02	2.92	3.54	3.77	3.40	1.05	2.75	5.20	8.19	65.40	100.00
80	P6-ASL1	6-21	0.03	0.09	0.34	0.75	0.77	1.95	2.68	4.73	12.27	39.94	27.88	7.87	0.58	0.14	0.00	0.00	100.00
81	P6-ASL2	21-46	0.11	0.40	1.69	4.53	5.50	12.99	23.91	26.87	17.32	4.67	1.17	0.22	0.43	0.20	0.00	0.00	100.00
82	P6-L1	46-67	0.09	0.38	1.61	4.02	5.80	15.62	32.24	21.72	11.94	4.21	1.43	0.38	0.57	0.00	0.00	0.00	100.00
83	P6-L2g	67-73	0.01	0.03	0.13	0.35	0.65	2.06	3.64	8.09	32.30	38.23	12.43	2.09	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
84	P6-L3	73-81	0.56	1.72	6.24	11.27	9.76	22.72	27.29	17.37	1.69	0.31	0.11	0.03	0.59	0.34	0.00	0.00	100.00
85	P6-L4	81-83	0.01	0.03	0.13	0.30	0.43	1.24	2.37	2.72	11.22	34.09	32.94	14.02	0.50	0.00	0.00	0.00	100.00
86	P6-L5g	83-95	0.02	0.06	0.27	0.61	0.84	2.34	5.61	5.19	12.80	31.16	28.00	13.01	0.07	0.00	0.00	0.00	100.00
87	P6-L6	95-97	0.18	0.60	2.70	6.28	8.61	24.56	46.63	6.14	0.74	1.08	0.68	0.41	1.40	0.00	0.00	0.00	100.00
88	P6-L7	97-98	0.89	2.64	8.79	15.74	14.75	26.55	20.23	9.18	0.80	0.24	0.09	0.00	0.09	0.00	0.00	0.00	100.00
89	P6-L8	98-103	0.22	0.63	2.37	4.75	5.41	14.66	26.30	40.67	4.89	0.07	0.00	0.00	0.03	0.00	0.00	0.00	100.00
90	P6-L9	103-115	0.06	0.19	0.81	1.91	2.60	7.52	14.41	41.76	29.31	1.04	0.15	0.08	0.16	0.00	0.00	0.00	100.00

N°	Nom	Profondeur [cm]	0 à 1 µm [%]	1 à 2 µm [%]	2 à 4 µm [%]	4 à 8 µm [%]	8 à 16 µm [%]	16 à 32 µm [%]	32 à 63 µm [%]	63 à 125 µm [%]	125 à 250 µm [%]	250 à 500 µm [%]	500 µm à 1 mm [%]	1 à 2 mm [%]	2 à 4 mm [%]	4 à 8 mm [%]	8 à 16 mm [%]	>16 mm [%]	Total [%]
91	P6-C	115-120	0.01	0.03	0.13	0.27	0.31	0.94	2.72	11.17	47.62	25.49	7.08	3.64	0.59	0.00	0.00	0.00	100.00
92	P6-IIICg	120-124	0.18	0.44	1.63	3.30	4.64	15.93	28.74	23.97	10.90	5.57	3.73	0.98	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
93	P6-IIICg	124-129	0.08	0.30	1.25	2.63	3.97	11.55	31.07	18.22	13.81	10.02	5.66	1.45	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
94	P6-IVCg	129-130.5	0.20	0.50	1.85	4.06	5.50	15.07	18.70	32.04	16.28	4.29	1.34	0.17	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
95	P6-VCg	130.5-146	0.16	0.43	1.69	3.61	3.52	7.30	7.32	19.43	24.65	15.16	11.54	5.17	0.03	0.00	0.00	0.00	100.00
96	P6-VIAG	146-152	0.47	1.22	3.96	6.63	4.40	11.73	18.42	34.35	11.96	2.64	0.50	0.24	2.45	1.02	0.00	0.00	100.00
97	P6-VICg	152-161	0.04	0.12	0.51	1.18	1.15	2.82	6.45	13.71	18.66	20.37	19.54	12.37	2.61	0.48	0.00	0.00	100.00
98	P6-VIIC	161-162	0.08	0.24	0.88	1.94	2.82	12.12	27.30	43.24	9.98	0.76	0.46	0.18	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
99	P6-VICg	162-175	0.02	0.10	0.45	1.24	1.68	6.88	18.01	24.58	21.71	13.33	8.34	3.49	0.17	0.00	0.00	0.00	100.00
100	P6-VIIIAg	175-187	0.29	0.74	2.12	3.37	2.71	5.18	4.21	27.43	30.92	11.82	7.10	3.98	0.10	0.04	0.00	0.00	100.00
101	P6-VIIICg	187-200	0.09	0.40	1.54	3.36	3.58	10.27	21.40	21.14	17.77	10.95	6.78	2.52	0.12	0.08	0.00	0.00	100.00
102	P6-IXD	200-X	0.03	0.14	0.58	1.51	2.12	5.33	7.52	8.74	7.12	4.32	2.74	1.56	2.53	5.72	10.99	39.05	100.00

Annexe 4.3. Protocole de traitement des résultats granulométriques

Avant de commencer avec Matlab®

Avant d'utiliser Matlab® (version R2007a), il est utile de connaître quelques commandes de base. Elles sont évidemment toutes disponibles dans l'aide, ainsi que les explications s'y référant. Les commandes plus complexes sont directement expliquées dans les parties concernées.

dir	Donne les noms de tous les espace de travail (ou workspace) disponibles.
load worksapce	Charge le workspace nommé.
clear	Nettoie la fenêtre de commande.
help fonction	Permet de faire apparaître l'aide concernant cette fonction dans la fenêtre de commande.
save	Sauve l'espace de travail (ou workspace) sous le nom « matlab » dans « mes documents ».
home	Nettoie la fenêtre de commande.
hold on	Fixe un graphique et permet de le modifier grâce à une deuxième commande.
grid on	Permet d'ajouter du quadrillage à un graphique.
'	L'opérateur de transposée permet de changer l'orientation d'une matrice (lignes pour colonnes et inversement).
:	Sélectionne toutes les lignes ou toutes les colonnes d'une matrice.
;	Le point-virgule tapé à la fin d'une commande, il permet d'effectuer une commande sans que le résultat n'apparaisse dans la fenêtre de commande.
X= matrice(:,1) ;	Crée une nouvelle matrice X contenant toutes les lignes de la première colonne de la première matrice, sans afficher les valeurs dans la fenêtre de commande.
flipup(matrice)	Permet de permuter les lignes de la matrice (1 ^{ères} en dernier, et dernières en 1 ^{er}).
min(matrice)	Indique la valeur minimale contenue dans la matrice.
max(matrice)	Indique la valeur maximale contenue dans la matrice.
figure	Fait apparaître une fenêtre pour une nouvelle figure sans effacer celles déjà ouvertes.
plot(X,Y,'c+:')	Représente graphiquement chaque point grâce à une croix verticale bleue; 'bd' par exemple dessine un diamant bleu pour chaque point .
plotmatrix(matrice)	Trace un graphique de la matrice.
zscore(matrice)	La fonction standardise (centrer-réduire) les valeurs de la matrice (elle les centre sur zéro et réduit l'écart-type à 1).
data	Par défaut Matlab® propose une légende pour les vingt premiers objets (data) représentés dans une figure. Pour en ajouter lorsque plus de vingt objets sont représentés, afficher d'abord la légende en utilisant le bouton « Insert legend », puis avec un clic droit sur la légende, choisir « Show property Editor ». Dans l'encadré qui s'affiche, un bouton « More Properties... » permet d'afficher une nouvelle fenêtre. Trouver la propriété « String », cliquer. Dans une

nouvelle fenêtre il est alors possible de choisir « Size : 1 by 20 ». Changer les valeurs selon les besoins puis cliquer sur « Ok » et fermer la fenêtre « More Properties ». Pour rafraîchir les données affichées, aller sur la légende et avec un clic droit choisir « Refresh ».

`pdist(matrice)`

Donne la distance euclidienne entre les objets d'une matrice.

Préparation des données

Préparer un fichier Excel contenant uniquement la feuille de résultats que l'on désire importer, les valeurs des fractions exprimées en pourcent. Dans cette feuille, supprimer toutes les colonnes superflues. Conserver une seule ligne pour les étiquettes des colonnes, et une seule colonne pour les noms des lignes. Supprimer également les cellules fusionnées.

Importation des données

1. Ouvrir Matlab®.
2. Dans « File », choisir « Import Data... ». Une fenêtre « Open » s'ouvre. Désigner le fichier à importer et spécifier le type de fichier dans la zone « Fichiers de type : ». Pour les fichiers Excel (*.xls), sélectionner « Spreadsheet ». Cliquer sur « Ouvrir ».
3. Si le fichier de base contient des formules, une fenêtre « Microsoft Excel » apparaît, demandant si oui ou non les liaisons vers d'autres sources de données doivent être mises à jour. Accepter.
4. Une nouvelle fenêtre « Import Wizard » s'ouvre. Si le fichier a été préparé correctement, Matlab® propose deux variables à importer : « data », contenant uniquement les données, et « textdata », contenant les noms de la première colonne et de la première ligne du fichier. Cliquer sur « Finish » pour les importer. La fenêtre se ferme et les deux variables apparaissent dans la fenêtre du Workspace. Pour les visualiser dans le carré de droite, double-cliquer dessus dans le Workspace.

Création des matrices

1. Si les échantillons sont représentés par ligne dans le feuille de base, il convient de transposer la matrice importée. Pour ce faire, utiliser « ' », qui permet de transposer les matrices (lignes en colonnes). Taper « data = data' ; », puis « Enter ». La matrice « data » a alors été inversée. Pour le vérifier, il suffit de double-cliquer sur « data » dans le Workspace ou de taper « sum(data) ; », « Enter ». Une matrice nommée automatiquement « ans » apparaît dans le Workspace. Le résultat pour chaque colonne y est normalement égal à 100.0000.
2. La table de cellules alphanumériques « textdata », représentée par des accolades ({}), est transposée de la même manière : « textdata = textdata' ; ».
3. Une matrice des sommes cumulées est créée, appelée ici « scum ». Taper « scum = cumsum(data) ; ».

La matrice « scum » nécessite des modifications. En effet, elle sera utilisée pour créer d'autres matrices, et certaines fonctions utilisées ultérieurement, comme `interp1` par exemple, ont des particularités qui ne permettent pas de les utiliser sur des matrices brutes. `interp1` ne peut pas fonctionner sur des matrices ayant plusieurs valeurs identiques. Excepté les valeurs de la dernière ligne, les valeurs égales à 100 de chaque colonne de la matrice « scum » sont corrigées à la main, et remplacées de bas en haut par des valeurs inférieures (99.9999, 99.9998, 99.9997...).

4. Les classes granulométriques sont aussi organisées en matrice, que l'on appellera « classes ». Taper « classes = textdata(2:17,1); », et « Enter », 2 à 17 étant les lignes concernées, et 1 la colonne désignée dans la table de cellules « textdata ».
Créer ensuite une matrice « classe », avec comme valeur pour chaque classe la valeur supérieure de la classe, en microns. Dans le Workspace, cliquer sur le bouton « New variable ». La nouvelle matrice « unnamed » apparaît. La renommer et compléter à la main les valeurs, en se basant sur celles de la matrice « classes ».
5. Préparer sur le même principe qu'au point 5 une matrice contenant les noms des échantillons que l'on nomme « nom ». Taper « nom = textdata(1,2:103); ». Pour disposer d'une matrice contenant les noms de chaque échantillon pour chaque profil de sol, taper « nomP1 = nom(1,1:9); », « nomP3 = nom(1,10:23); », « nomP4 = nom(1,24:72); », « nomP5 = nom(1,73:79); », « nomP6 = nom(1,80:102); ».
6. Le pourcentage cumulé des fractions de chaque échantillon doit lui aussi pouvoir être représenté sur une échelle allant jusqu'à 100. Le vecteur « per » est créé : « per = linspace(1,100,100); ».

Lissage des courbes

Echelles phi

Avant de pouvoir interpoler les données de la granulométrie et d'obtenir des courbes granulométriques complètes, les classes granulométriques doivent être modifiées en échelles des phi, représentée sur l'axe des x (Martignier, 2007). Cette échelle en base 2 permet de transformer les classes dont les intervalles varient, en classes (exprimées en millimètres) dont les intervalles sont constants, selon la formule (Pettijohn et al., 1973) :

$$\phi = \frac{-\log_{10}(\text{classe})}{\log_{10}(2)}$$

Une matrice « phi » est créée à partir de la formule ci-dessus, sans oublier que la valeur de chaque classe doit être divisée par 1000 car les valeurs de la matrice sont en micromètres. Taper « phi = -log10(classe./1000)./log10(2); ».

La matrice doit être corrigée à la main, pour contenir uniquement des chiffres entiers arrondis ; ici les nombres sont arrondis à l'entier supérieur, entre -5 à 10. Pour cela double-cliquer dans le Workspace sur la matrice « phi » et corriger les valeurs de la table, ou utiliser l'instruction « Ceil ».

La matrice nous permet alors d'établir un tableau de correspondance entre l'échelle métrique et l'échelle phi.

Tableau 1 : Correspondance entre échelle métrique et échelle phi.

Echelle métrique	Echelle phi
1 μm	10 φ
2 μm	9 φ
4 μm	8 φ
8 μm	7 φ
16 μm	6 φ
32 μm	5 φ
63 μm	4 φ
125 μm	3 φ
250 μm	2 φ
500 μm	1 φ
1 mm	0 φ
2 mm	-1 φ
4 mm	-2 φ
8 mm	-3 φ
16 mm	-4 φ
32 mm	-5 φ

Une seconde échelle phi « phi2 » est nécessaire pour pouvoir extrapoler également les données. En effet, le nombre de classes relativement réduit utilisé pour la granulométrie ne permet pas d'obtenir des courbes suffisamment détaillées. Pour obtenir des courbes lissées il faut des percentiles, donc étendre le nombre de classes à 100 sur l'axe des x. L'ordinateur établit 99 classes de taille égale entre le minimum et le maximum de l'échelle phi. Taper « phi2 = linspace(-5,10,100); », 100 le nombre total de points délimitant les classes. Les valeurs -5 et 10 sont déterminées grâce à la matrice « phi ».

Interpolation des données

1. Les données non cumulées de la matrice « data » sont interpolées sur l'échelle phi entre -5 et 10, relativement aux 100 classes de « phi2 », grâce à la méthode cubique. Le logiciel génère une forme polynomiale de la matrice de données initiale. On obtient au final une matrice de 100 lignes, correspondant aux classes de « phi2 », et de 102 colonnes, correspondant au nombre d'échantillons. Taper « dataphi2flip = interp1(phi,data,phi2,'cubic'); ».
2. Les lignes de la matrice « data » sont inversées (première-dernière) : « dataphi2 = flipud(dataphi2flip); ».
3. Les données cumulées « scum » sont interpolées de la même manière qu'au point 2 : « scumphi2flip = interp1(phi,scum,phi2,'cubic'); ».
La matrice « scumphi2flip » nécessite des modifications avant de pouvoir être utilisée ultérieurement. Pour chaque échantillons il faut corriger à la main les données de valeur identiques dans chaque colonnes, sauf les valeurs égales à 100, issues de la matrice « scum » corrigée plus haut. Certaines colonnes ne nécessitent pas de correction.
4. Les lignes de la matrice « scumphi2flip » sont inversées (première-dernière) : « scumphi2 = flipud(scumphi2flip); ».

Représentation graphique des courbes

1. Pour chaque profil, un graphique représentant les courbes non cumulées et un graphique représentant les courbes cumulées sont préparés (annexes 4.4 à 4.8) :
Les courbes cumulées « `plot(phi2,scumphi2flip(:,1:9))` » (profil P1)
Les courbes non cumulées « `plot(phi2,dataphi2flip(:,1:9))` » (profil P1)
2. Pour chaque horizon un graphique représentant la courbe cumulée et de la courbe non cumulée est préparé (annexes 4.4 à 4.8) :
« `plot(phi2,scumphi2flip(:,1),phi2,dataphi2flip(:,1))` » (profil P1 échantillon 1)

Indices granulométriques

1. Les données de chaque échantillon doivent être interpolées sur y pour pouvoir disposer de la valeur des percentiles. Pour pouvoir interpoler la matrice « `scumphi2flip` » sur l'axe des y (%), les valeurs de « `scumphi2flip` » doivent être prises sous forme de vecteurs. Il existe une autre méthode pour modifier la matrice, mais il est aussi simple d'utiliser la fonction `Interp1` sous sa forme basique et de répéter l'opération autant de fois qu'il y a d'échantillons, si l'échantillonnage est peu important. Taper
« `p1ech1=interp1(scumphi2flip(:,1),phi2,per,'cubic');` »
2. Les percentiles des échantillons sont à présent disponibles, mais tous dans des matrices séparées. Il faut assembler la matrice des percentiles pour chaque profil (ici P1). Taper
« `P1y=[p1ech1 p1ech2 p1ech3 p1ech4 p1ech5 p1ech6 p1ech7 p1ech8 p1ech9]'` »
3. Le calcul des indices (annexe 4.9) de chaque profil peut enfin avoir lieu (Pettijohn et al., 1973). Pour P1 (faire pareil pour les profils P3 à P6) :
kurtose « `P1kur=(P1y(95,:)-P1y(5,:))/(2.44*(P1y(75,:)-P1y(25,:)))` » ;
médiane « `P1med=P1y(50,:)` » ;
moyenne « `P1moy=(P1y(16,:)+P1y(50,:)+P1y(84,:))/3` » ;
skewness « `P1skw=((P1y(84,:)+P1y(16,:)-(2*P1y(50,:)))/(2*(P1y(84,:)-P1y(16,:))))+((P1y(95,:)+P1y(5,:)-(2*P1y(50,:)))/(2*(P1y(95,:)-P1y(5,:))))` » ;
sorting « `P1sor=((P1y(84,:)-P1y(16,:))/4)+((P1y(95,:)-P1y(5,:))/6.6)` » ;
4. Une matrice des indices est assemblée, ici pour P1 « `P1ind=[P1kur P1med P1 moy P1skw P1sor]` » ;
5. Puis une matrice pour chaque indice est assemblée :
kurtose « `Pkur=[P1kur P3kur P4kur P5kur P6kur]'` » ;
médiane « `Pmed=[P1med P3med P4med P5med P6med]'` » ;
moyenne « `Pmoy=[P1moy P3moy P4moy P5moy P6moy]'` » ;
skewness « `Pskw=[P1skw P3skw P4skw P5skw P6skw]'` » ;
sorting « `Psor=[P1sor P3sor P4sor P5sor P6sor]'` » ;
6. La matrice assemblée de tous les indices de tous les échantillons est préparée « `Pind=[Pkur Pmed Pmoy Pskw Psor]` » (annexe 4.9).

Représentations graphiques de l'évolution granulométrique en fonction de la profondeur

1. On crée une nouvelle matrice des profondeurs moyennes des dépôts, à partir d'un fichier Excel préparé avec le nom du profil dans la première colonne, la profondeur minimale en 1, puis les profondeurs moyennes de chaque couche $[(\text{haut}+\text{bas})/2]$, et enfin la profondeur maximale du profil. On obtient alors plus de lignes que d'échantillon par

profil. Modifier les autres matrices à utiliser avec celle-ci en fonction des besoins. Pour P1 « `prof1=prof(1:10,1);` »

2. L'évolution des textures granulométriques en fonction de la profondeur est représentée graphiquement. Mais avant, une nouvelle matrice « `alsDataEtCum` » est créée, à partir du fichier Excel contenant toutes les textures minérales (annexe 4.11).

Les données représentées sont celles qui ont servi à la préparation des diagrammes ternaires des textures (annexe 4.12), les valeurs d'argiles, limons et sables (sur 100%). Une fois la matrice prête, représenter graphiquement le profil P1 : « `plot(alsDataEtCum(1:10,6:8),prof(1:10,1))`, » (annexe 4.13 à 4.17).

La même manipulation sert à préparer le graphique de l'évolution des éléments grossiers en fonction de la profondeur (annexes 4.13 à 4.17). Cette représentation utilise uniquement les données des éléments grossiers de l'annexe 4.11.

3. Les `psdplots` :

Un `psdplot` est une représentation graphique en $2D \frac{1}{2}$ d'une série sédimentaire (Beierle et al., 2002). Les données doivent être interpolées sur un grand nombre de points (500 entre 10 et -5) pour pouvoir être représentées de manière satisfaisante. Le vecteur « `per500` » est créé sur le modèle utilisé plus haut du vecteur « `per` » : « `per500=linspace(10,-5,500);` ».

Créer les vecteurs `y1` à `y6`, avec comme limites la profondeur minimale et maximale par profil, avec 500 points à égale distance de ces deux valeurs : « `y1=linspace(1,114,500);` » pour P1.

La fonction `meshgrid` transforme le domaine spécifié par les vecteurs `per500` et `y` en tableaux `X` et `Y`, qui peuvent être utilisés pour l'évaluation de fonctions à deux variables en graphiques en $2D \frac{1}{2}$. Les lignes du tableau `X` sont les copies du vecteur `per500`, et les colonnes du tableau `Y` sont les copies du vecteur `y` : « `[X,Y1]=meshgrid(per500,y1);` ».

Des matrices par profil, sont créées à partir de la matrice « `dataphi2` » : « `dataphi2P1=dataphi2(:,1:9);` ». Les 5 matrices obtenues sont modifiées pour faire correspondre le nombre de lignes qu'elles contiennent avec les matrices correspondantes déjà disponibles de la profondeur moyenne par profil « `prof1` ». On peut alors essayer de représenter la matrice de P1 « `plot(phi2,dataphi2P1)` ».

La fonction `griddata` ajuste une surface de forme $Z = (\phi2, \text{prof1})$ aux données dans l'espace vectoriel $(\phi2, \text{prof1}, Z)$. `Griddata` interpole cette surface aux points spécifiés pour produire la matrice `pdistlkWPindstdP1`. La surface passe toujours par les points donnés de `phi2` et `prof1`. `Griddata` et les matrices `X` et `Y1` permettent la représentation graphique 2D et $2D \frac{1}{2}$ du profil P1 : « `pdistlkWPindstdP1=griddata(phi2,prof1,dataphi2P1,X,Y1,'cubic');` ».

Les matrices obtenues peuvent contenir des données négatives créées artificiellement lors de l'interpolation des données sur 500 points. Dans le but de supprimer ces valeurs aberrantes et d'obtenir une représentation correcte des données (une échelle de couleurs identique pour tous les profils), les matrices « `pdistlkWPindstdP1` » obtenues sont dupliquées, puis modifiées. Dupliquer manuellement (clic droit) la matrice « `pdistlkWPindstdP1` » et la nommer « `pdistlkWPindstdP1a` ». Puis taper « `for i=1:500; for j=1:500; if pdistlkWPindstdP1a(i,j)<0; pdistlkWPindstdP1a(i,j)=0; end;end;end;` ».

Créer `cmap`, qui contient les valeurs d'un dégradé de couleurs : « `cmap=colormap;` ».

Modifier les valeurs de la première ligne de la matrice : « `cmap(1,1:3)=1;` ».

Dessiner les graphiques 2D avec la fonction `contourf`. Appliquer la barre de couleurs (`colorbar`), et inverser manuellement les axes nécessaires. Créer manuellement une matrice `colbar` contenant seulement 2 nombres. Ces nombres sont, pour l'ensemble des échantillons, la quantité minimale et la quantité maximale de particules représentées dans une des fractions analysées, et ce en pourcent. La valeur minimale est en général toujours égale à zéro. Ces valeurs limites sont nécessaires pour calibrer le dégradé de couleur utilisé dans les graphiques `psdplot`, afin de pouvoir ensuite comparer les

graphiques entre eux en se fiant aux couleurs. *Caxis* permet d'appliquer les limites définies dans *colbar* : « `contourf(X,Y1,pdistlkWPindstdP1a,15);` », « `colorbar;colormap(cmap);caxis(colbar);` ».

Pour le plaisir, représenter les graphiques en 2D^{1/2}. Modifier manuellement les axes qui apparaissent inversés : « `surf(X,Y1,pdistlkWPindstdP1a);` », puis taper « `shading interp` ».

Résumé des commandes

1. Création des matrices

```
data=data';
texdata=texdata';
scum=cumsum(data);
classe=texdata(2:17,1);
nomligne=texdata(1,2:103);
nomP1=nom(1,1:9);
nomP3=nom(1,10:23);
nomP4=nom(1,24:72);
nomP5=nom(1,73:79);
nomP6=nom(1,80:102);
per=linspace(1,100,100);
```

2. Lissage des courbes

Echelle phi :

```
phi=-log10(classe./1000)./log10(2);
phi2=linspace(-5,10,100);
```

Interpolation des données :

```
dataphi2flip=interp1(phi,data,phi2,'cubic');
dataphi2=flipud(dataphi2flip);
scumph2flip=interp1(phi,scum,phi2,'cubic');
scumph2=flipud(scumph2flip);
```

Représentation graphique des courbes :

```
plot(phi2,scumph2flip(:,1:9)) (profil P1)
plot(phi2,scumph2flip(:,10:23)) (profil P3)
plot(phi2,scumph2flip(:,24:72)) (profil P4)
plot(phi2,scumph2flip(:,73:79)) (profil P5)
plot(phi2,scumph2flip(:,80:102)) (profil P6) (Courbes cumulées par profil)
plot(phi2,dataphi2flip(:,1:9)) (profil P1)
plot(phi2,dataphi2flip(:,10:23)) (profil P3)
plot(phi2,dataphi2flip(:,24:72)) (profil P4)
plot(phi2,dataphi2flip(:,73:79)) (profil P5)
plot(phi2,dataphi2flip(:,80:102)) (profil P6) (Courbes non cumulées par profil)
plot(phi2,scumph2flip(:,1),phi2,dataphi2flip(:,1))
```

...

```
plot(phi2,scumph2flip(:,102),phi2,dataphi2flip(:,102)) (Courbe cumulée et courbe non cumulée pour chaque échantillon)
```

3. Indices granulométriques

```
p1ech1=interp1(scumph2flip(:,1),phi2,per,'cubic');
```

...

```

p6ech23=interp1(scumph2flip(:,102),phi2,per,'cubic'); (Interpolation sur y pour chaque
échantillon)
P1y=[p1ech1 p1ech2 p1ech3 p1ech4 p1ech5 p1ech6 p1ech7 p1ech8 p1ech9]';
...
P6y=[...]; (Assemblage d'une matrice des données interpolées sur y par profil)
P1kur=(P1y(95,:)-P1y(5,:))/(2.44*(P1y(75,:)-P1y(25,:)));
P1med=P1y(50,:);
P1moy=(P1y(16,:)+P1y(50,:)+P1y(84,:))/3;
P1skw=((P1y(84,:)+P1y(16,:)-(2*P1y(50,:)))/(2*(P1y(84,:)-P1y(16,:))))+((P1y(95,:)+P1y(5,:)-
(2*P1y(50,:)))/(2*(P1y(95,:)-P1y(5,:))));
P1sor=((P1y(84,:)-P1y(16,:))/4)+((P1y(95,:)-P1y(5,:))/6.6); (Calcul des indices de P1)
P1ind=[P1kur P1med P1skw P1sor];
...
P6ind=[P6kur P6med P6skw P6sor]; (Assemblage d'une matrice des indices par profil)
Pkur=[P1kur P3kur P4kur P5kur P6kur]';
Pmed=[P1med P3med P4med P5med P6med]';
Pmoy=[P1moy P3moy P4moy P5moy P6moy]';
Pskw=[P1skw P3skw P4skw P5skw P6skw]';
Psor=[P1sor P3sor P4sor P5sor P6sor]'; (Assemblage d'une matrice par indice)
Pind=[Pkur Pmed Pmoy Pskw Psor]; (Matrice assemblée de tous les indices de tous les
échantillons)

```

4. Représentations graphiques de l'évolution granulométrique en fonction de la profondeur


```

prof1=prof(1:10,1); (profil P1)
prof3=prof(11:26,1); (profil P3)
prof4=prof(27:77,1); (profil P4)
prof5=prof(78:85,1); (profil P5)
prof6=prof(86:109,1); (profil P6) (Matrices de profondeurs moyennes des dépôts)
plot(alsDataEtCum(1:10,6:8),prof(1:10,1)),
plot(alsDataEtCum(11:26,6:8),prof(11:26,1)),
plot(alsDataEtCum(27:77,6:8),prof(27:77,1)),
plot(alsDataEtCum(78:85,6:8),prof(78:85,1)),
plot(alsDataEtCum(86:109,6:8),prof(86:109,1)), (Evolution des textures en fonction de la
profondeur)
plot(alsDataEtCum(1:10,4),prof(1:10,1)),
plot(alsDataEtCum(11:26,4),prof(11:26,1)),
plot(alsDataEtCum(27:77,4),prof(27:77,1)),
plot(alsDataEtCum(78:85,4),prof(78:85,1)),
plot(alsDataEtCum(86:109,4),prof(86:109,1)), (Evolution des éléments grossiers en fonction
de la profondeur)
per500=linspace(10,-5,500); (Vecteur de 500 points entre 10 et -5)
y1=linspace(1,114,500);
y3=linspace(0,95,500);
y4=linspace(1.5,164,500);
y5=linspace(0,84,500);
y6=linspace(6,200,500); (Vecteur par profil, avec 500 points entre la profondeur minimale et
maximale atteinte)
[X,Y1]=meshgrid(per500,y1);
[X,Y3]=meshgrid(per500,y3);
[X,Y4]=meshgrid(per500,y4);
[X,Y5]=meshgrid(per500,y5);

```

```

[X,Y6]=meshgrid(per500,y6); (Transformation des domaines spécifiés par les vecteurs
« per500 » et « y » en tableaux X et Y)
dataphi2P1=dataphi2(:,1:9)';
dataphi2P3=dataphi2(:,10:23)';
dataphi2P4=dataphi2(:,24:72)';
dataphi2P5=dataphi2(:,73:79)';
dataphi2P6=dataphi2(:,80:102)'; (Nouvelles matrices issues de "dataphi2")
plot(phi2,dataphi2P1) (Essai de représentation graphique)
pdistlkWPindstdP1=griddata(phi2,prof1,dataphi2P1,X,Y1,'cubic'); (profil P1)
...
pdistlkWPindstdP6=griddata(phi2,prof6, dataphi2P6,X,Y6,'cubic'); (profil P6) (Ajustement
d'une surface aux données spécifiées )
for i=1:500; for j=1:500;
if pdistlkWPindstdP1a(i,j)<0;
pdistlkWPindstdP1a(i,j)=0;
end;end;end; (profil P1)
...
for i=1:500; for j=1:500;
if pdistlkWPindstdP6a(i,j)<0;
pdistlkWPindstdP6a(i,j)=0;
end;end;end; (profil P6) (Suppression des valeurs négatives des matrices)
cmap=colormap; Contient les valeurs d'un dégradé de couleurs standard
cmap(1,1:3)=1; Modification de la matrice
contourf(X,Y1,pdistlkWPindstdP1a,15);
colorbar;colormap(cmap);caxis(colbar);
...
contourf(X,Y6,pdistlkWPindstdP6a,15);
colorbar;colormap(cmap);caxis(colbar); (Dessin des graphiques 2D)
surf(X,Y1,pdistlkWPindstdP1a);
shading interp
...
surf(X,Y6,pdistlkWPindstdP6a);
shading interp (Représentation finale des psdplots en 2D1/2)

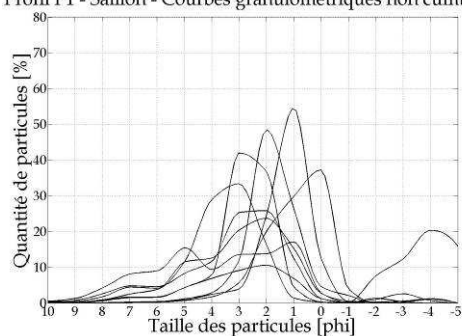
```

Bibliographie

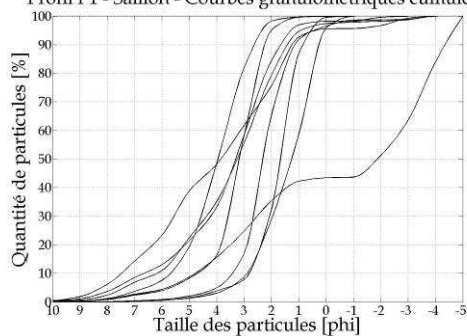
- Beierle, B.D., Lamoureux, S.F., Cockburn, J.M.H. et Spooner, I., 2002. A new method for visualizing sediment particle size distributions. *Journal of Paleolimnology*, 27, 279-283 p.
- Martignier, L., 2007. Travail de méthodologie : les analyses granulométriques. Laboratoire sol & végétation, Laboratoire de géodynamique de la biosphère, Université de Neuchâtel, Neuchâtel, 24 p. Travail non publié.
- Pettijohn, F., Potter, P.E. et Siever, R., 1973. Sand and Sandstone. Springer-Verlag, New York, 618 p.

Annexe 4.4. Courbes granulométriques des fréquences cumulées et non cumulées (relatives) pour le profil P1

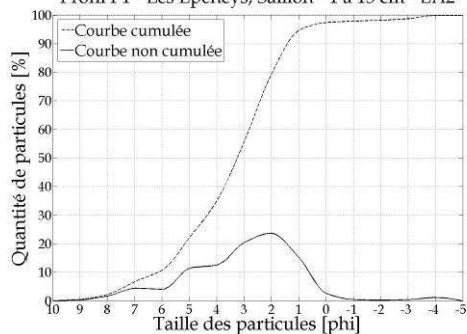
Profil P1 - Saillon - Courbes granulométriques non cumulées



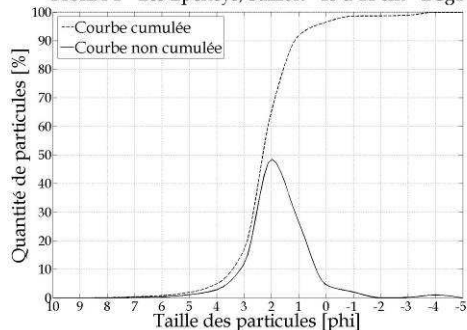
Profil P1 - Saillon - Courbes granulométriques cumulées



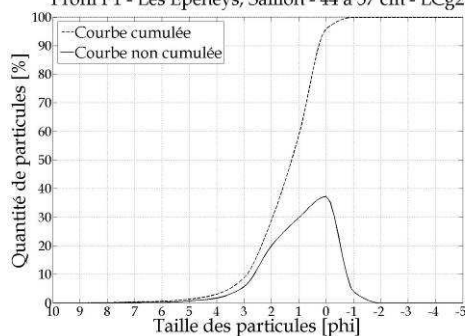
Profil P1 - Les Epeneys, Saillon - 1 à 13 cm - LA2



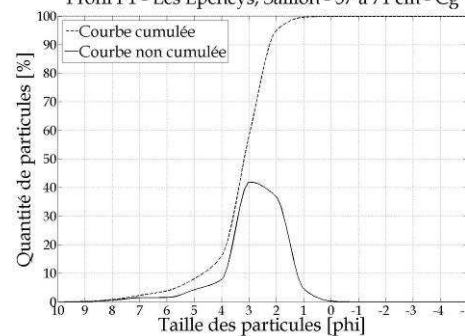
Profil P1 - Les Epeneys, Saillon - 13 à 44 cm - LCg1



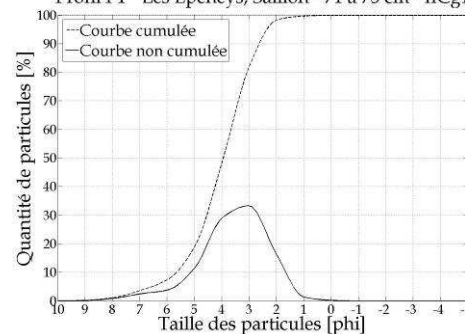
Profil P1 - Les Epeneys, Saillon - 44 à 57 cm - LCg2



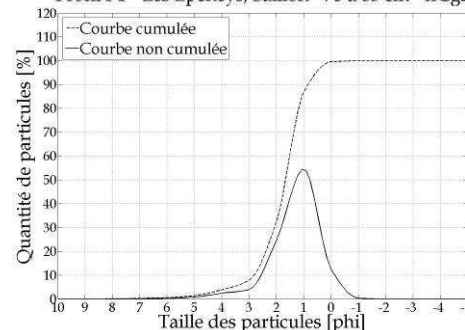
Profil P1 - Les Epeneys, Saillon - 57 à 71 cm - Cg

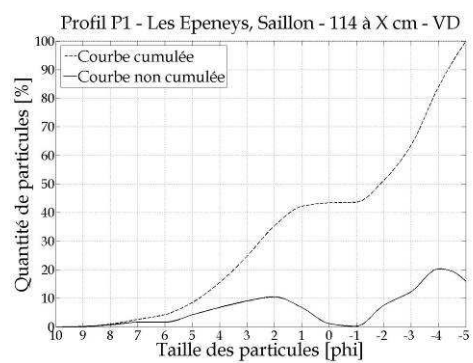
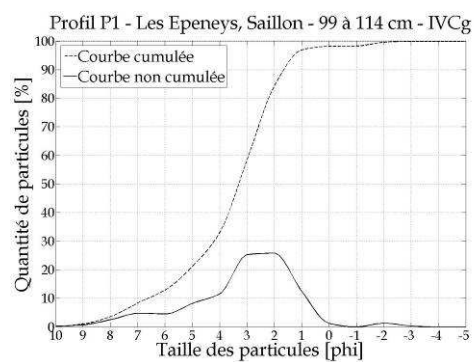
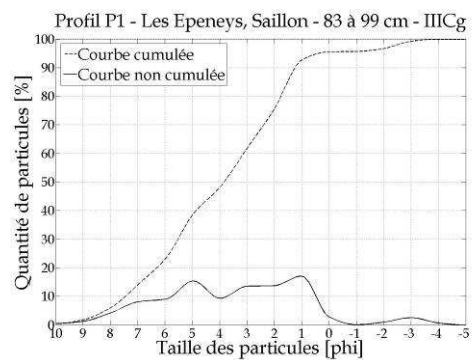


Profil P1 - Les Epeneys, Saillon - 71 à 75 cm - IICg1



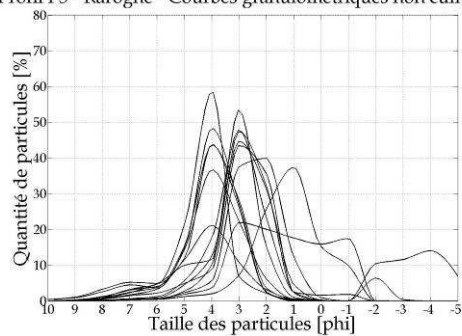
Profil P1 - Les Epeneys, Saillon - 75 à 83 cm - IICg2



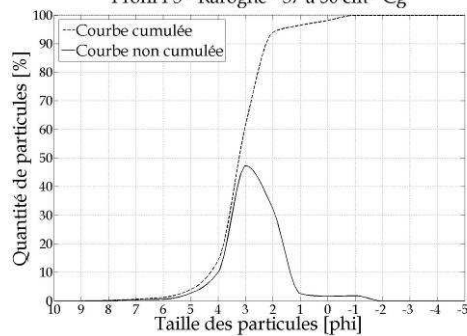


Annexe 4.5. Courbes granulométriques des fréquences cumulées et non cumulées (relatives) pour le profil P3

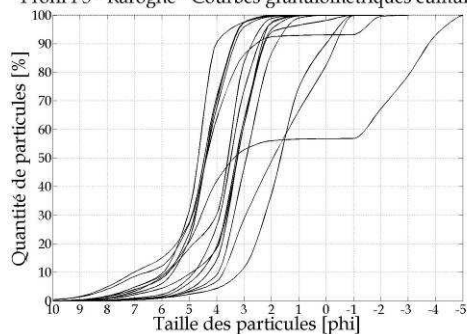
Profil P3 - Rarogne - Courbes granulométriques non cumulées



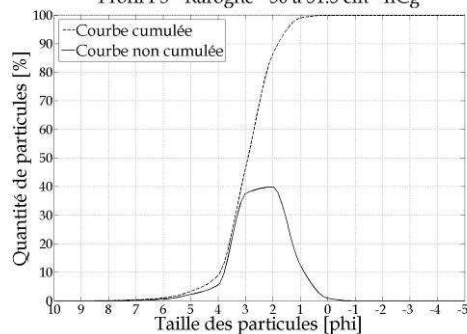
Profil P3 - Rarogne - 37 à 50 cm - Cg



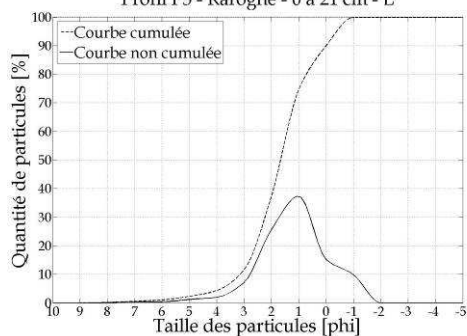
Profil P3 - Rarogne - Courbes granulométriques cumulées



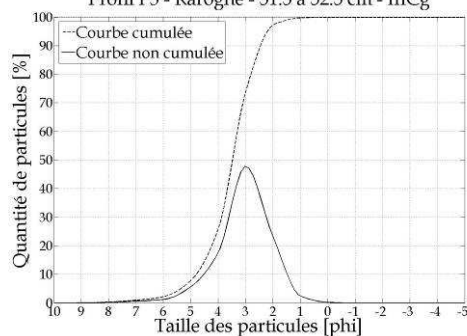
Profil P3 - Rarogne - 50 à 51.5 cm - IICg



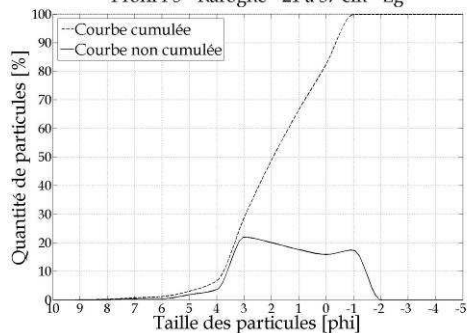
Profil P3 - Rarogne - 0 à 21 cm - L



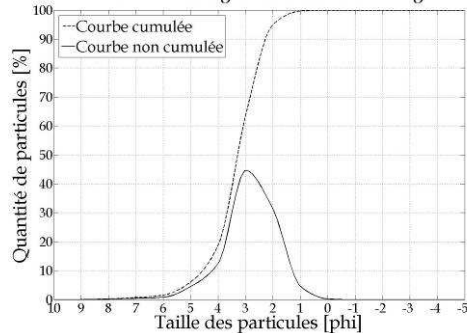
Profil P3 - Rarogne - 51.5 à 52.5 cm - IIICg

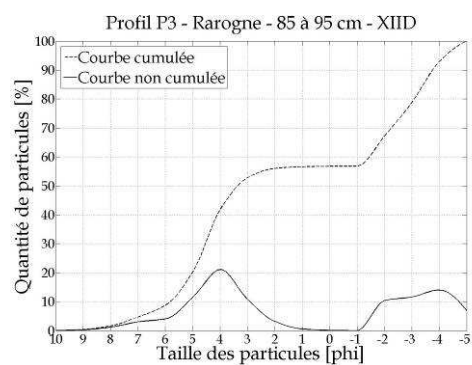
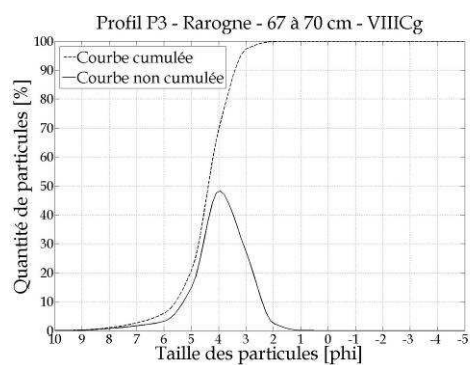
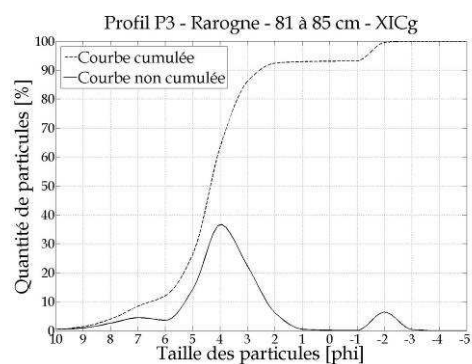
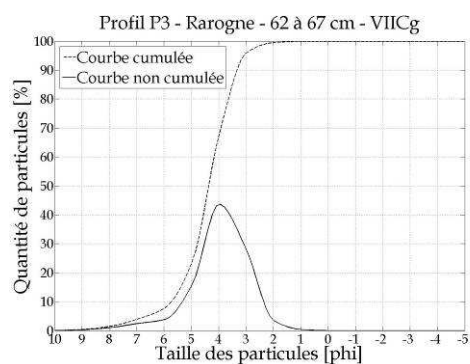
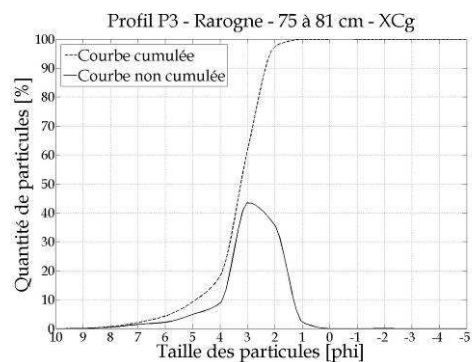
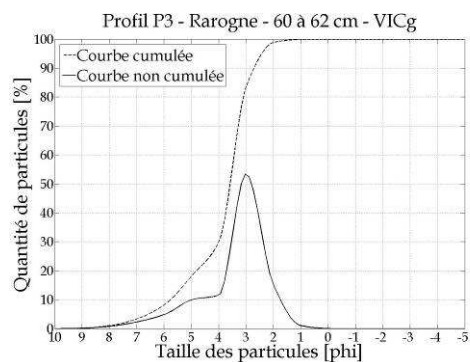
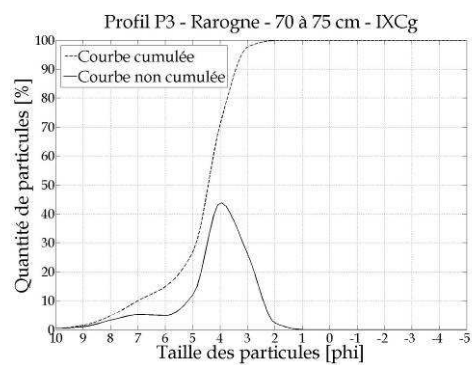
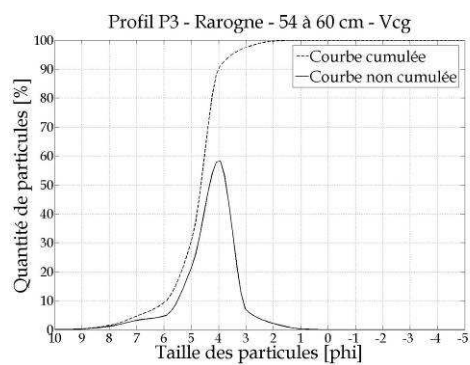


Profil P3 - Rarogne - 21 à 37 cm - Lg



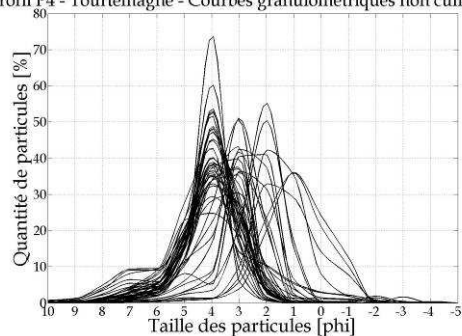
Profil P3 - Rarogne - 52.5 à 54 cm - IVCg



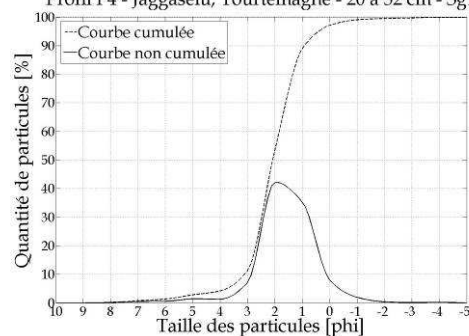


Annexe 4.6. Courbes granulométriques des fréquences cumulées et non cumulées (relatives) pour le profil P4

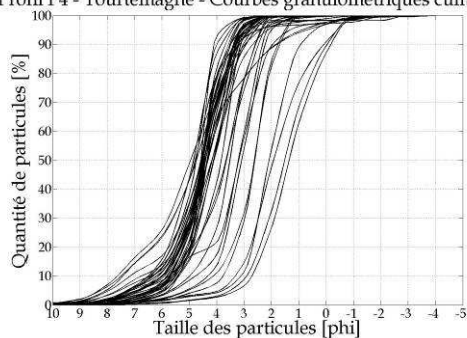
Profil P4 - Tourtemagne - Courbes granulométriques non cumulées



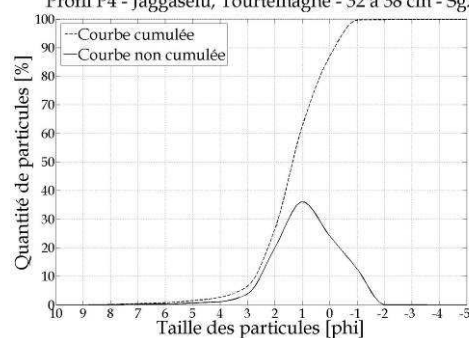
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 20 à 32 cm - Sg1



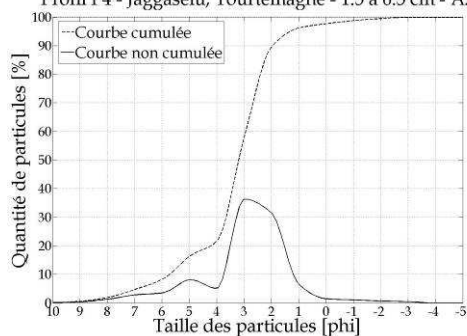
Profil P4 - Tourtemagne - Courbes granulométriques cumulées



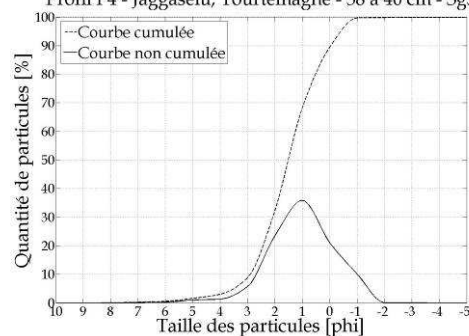
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 32 à 38 cm - Sg2



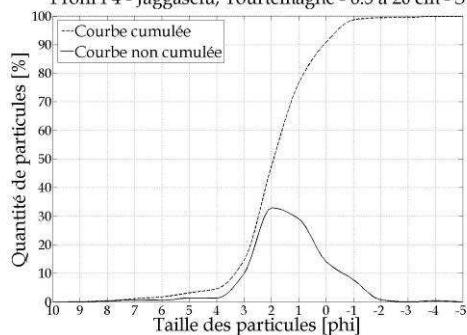
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 1.5 à 6.5 cm - A2



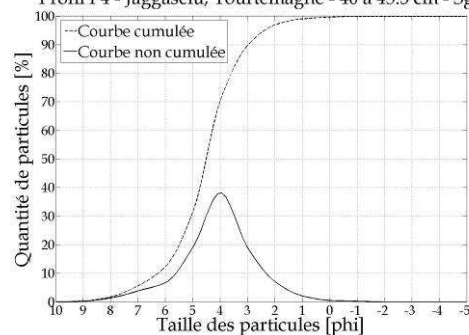
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 38 à 40 cm - Sg3

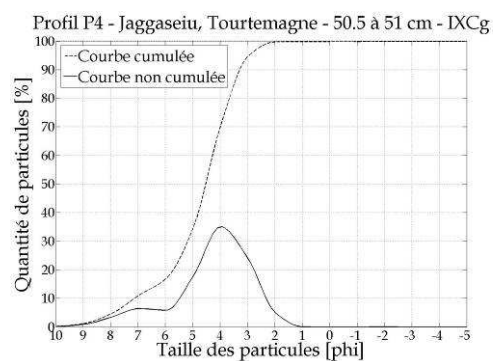
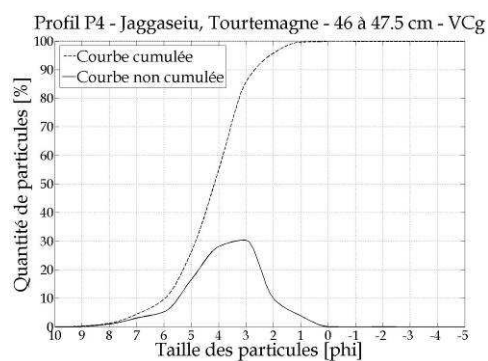
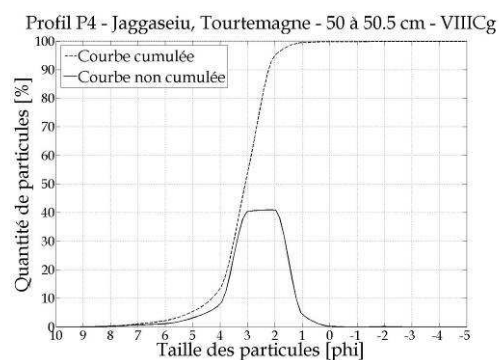
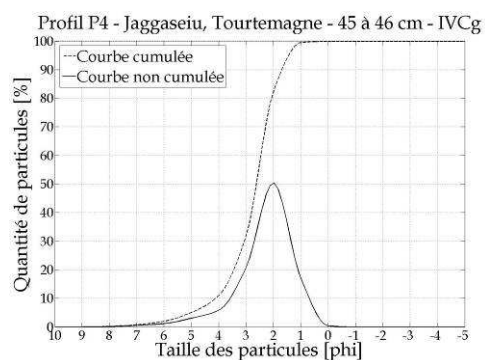
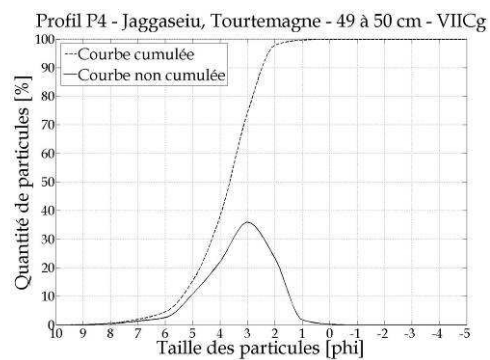
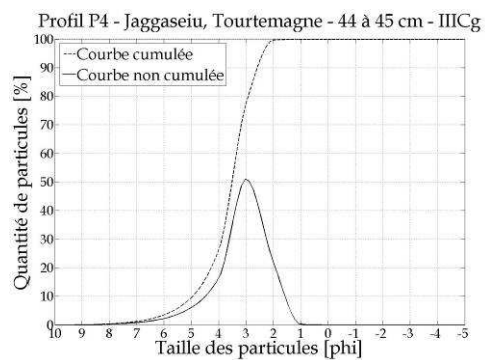
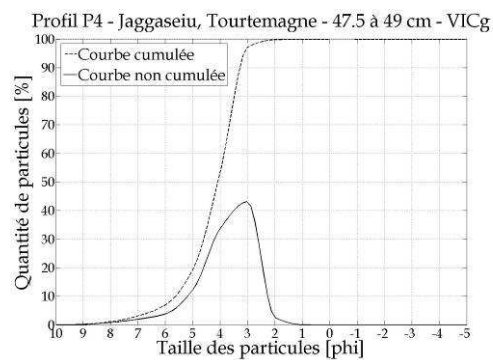
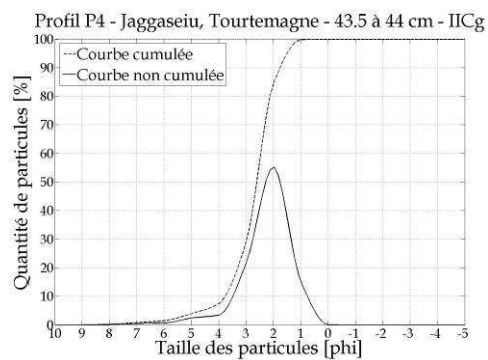


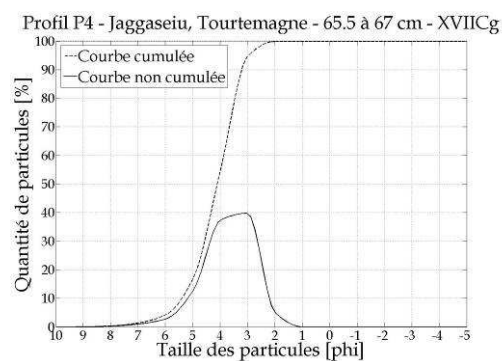
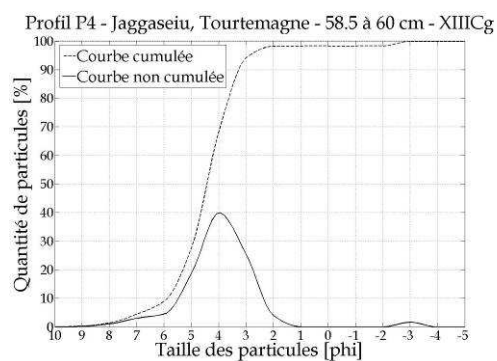
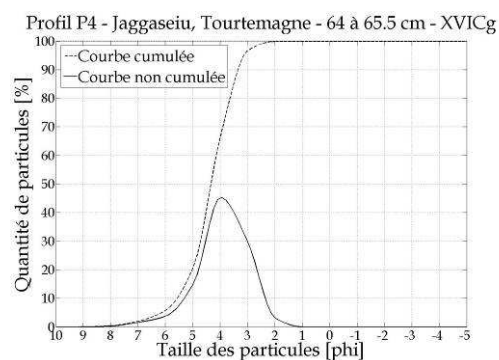
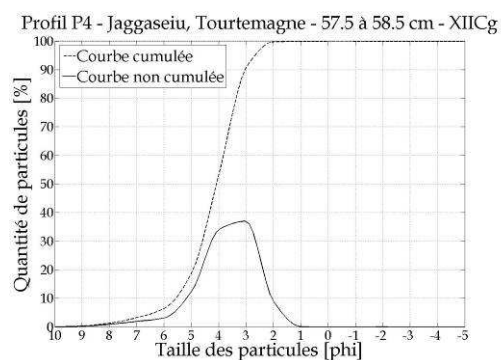
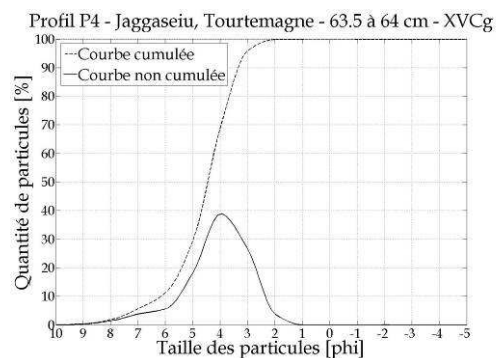
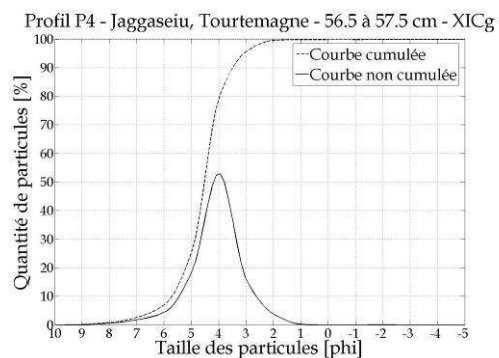
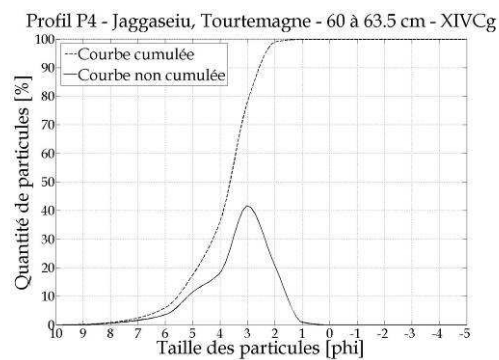
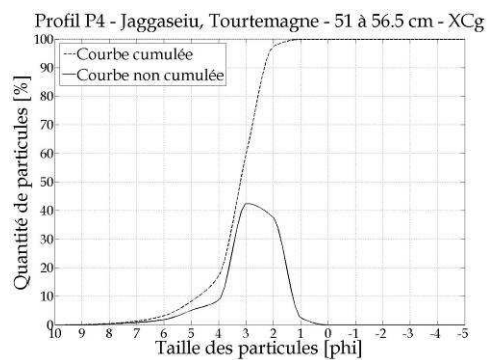
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 6.5 à 20 cm - S

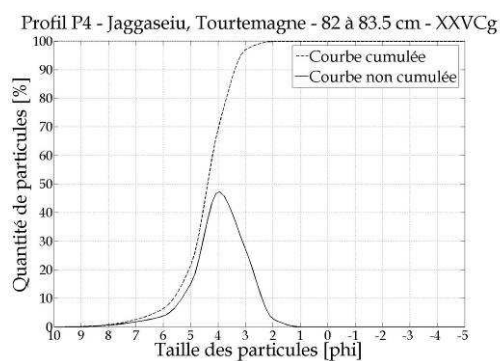
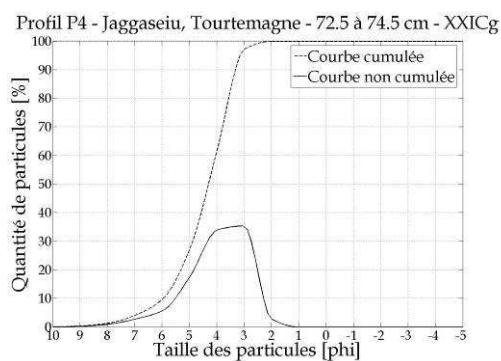
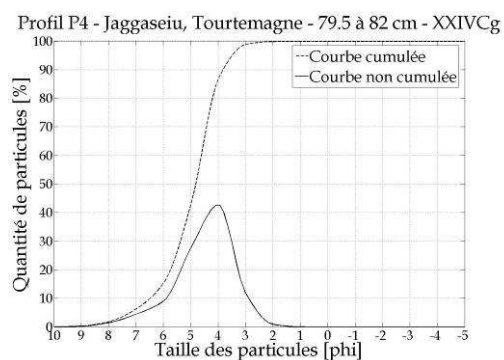
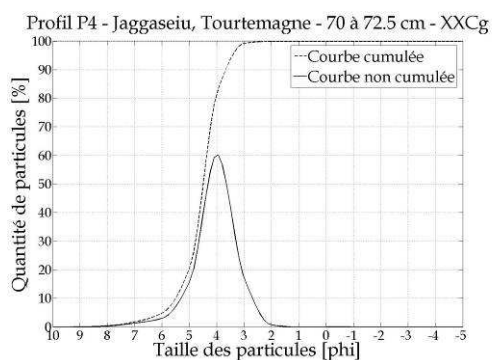
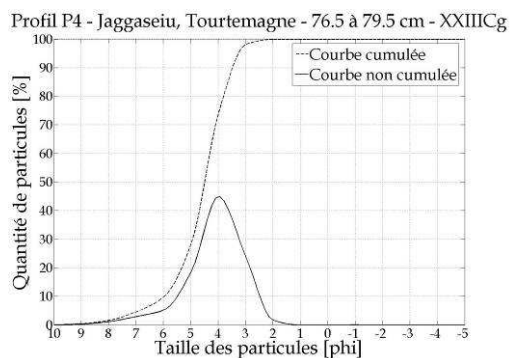
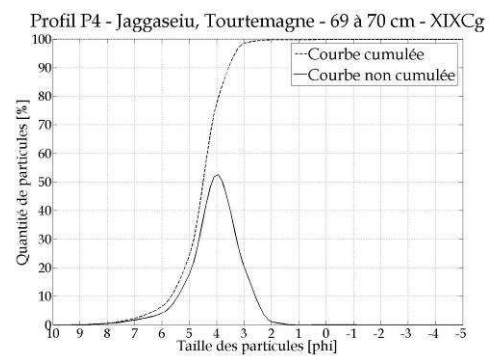
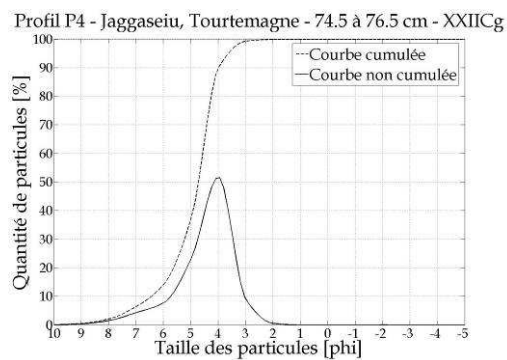
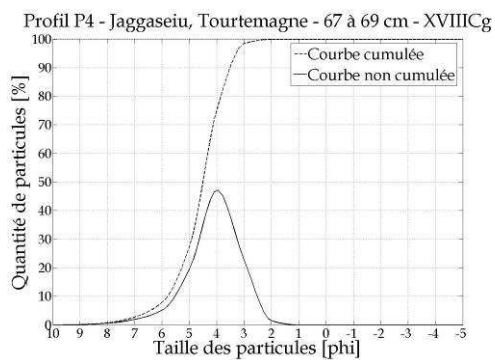


Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 40 à 43.5 cm - Sg4

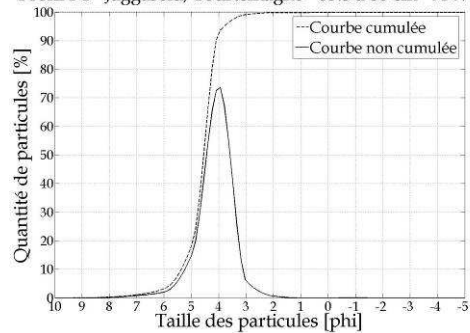




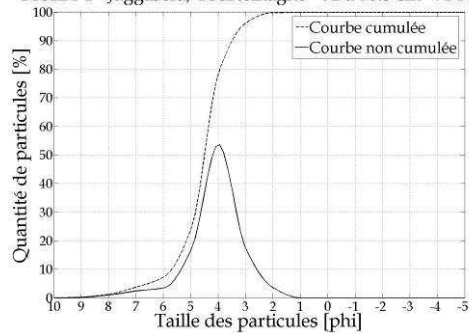




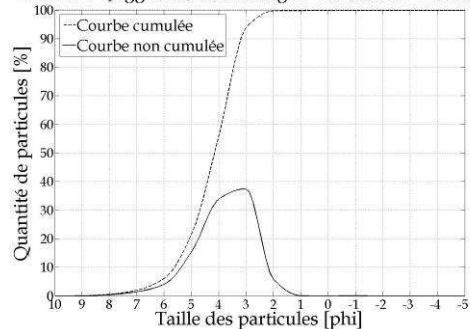
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 83.5 à 86 cm - XXVICg



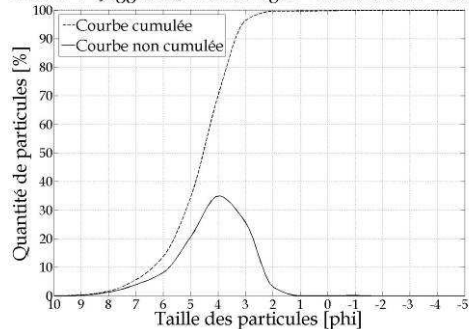
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 92 à 96.5 cm - XXXCg



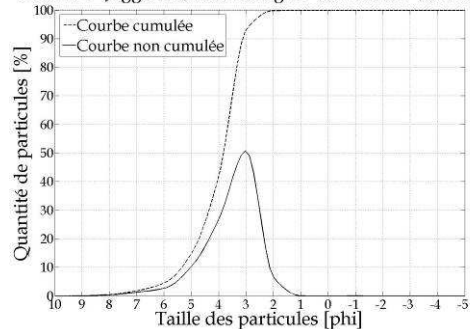
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 86 à 89 cm - XXVIIICg



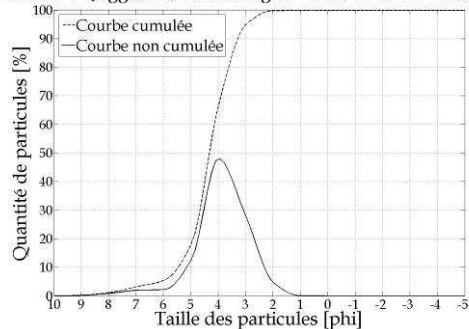
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 96.5 à 100 cm - XXXICg



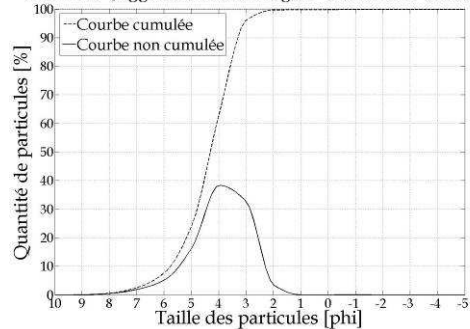
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 89 à 90 cm - XXVIIIICg



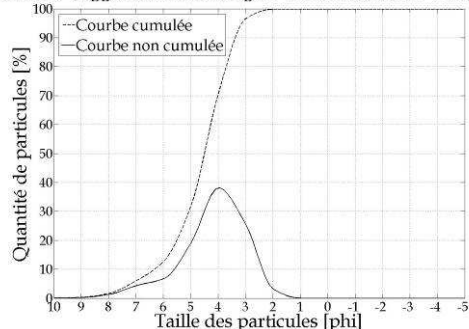
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 100 à 101.5 cm - XXXIICg



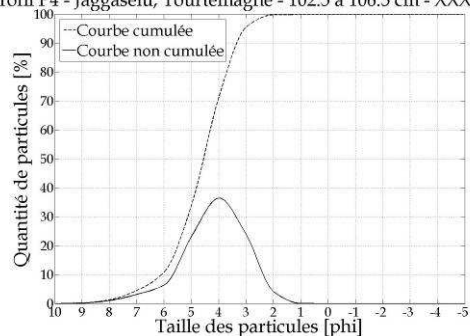
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 90 à 92 cm - XXIXCg



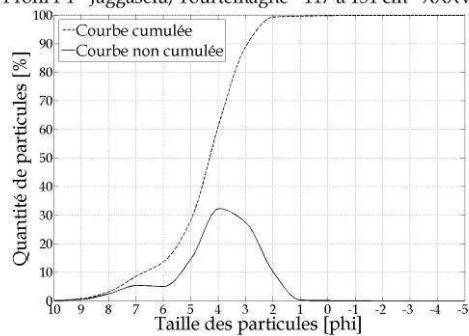
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 101.5 à 102.5 cm - XXXIIICg



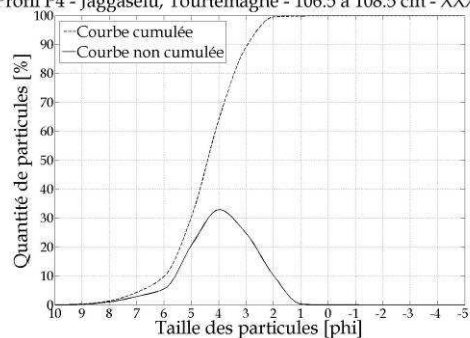
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 102.5 à 106.5 cm - XXXIVCg



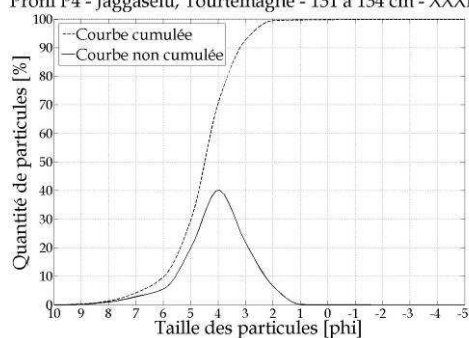
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 117 à 131 cm - XXXVIIIICg



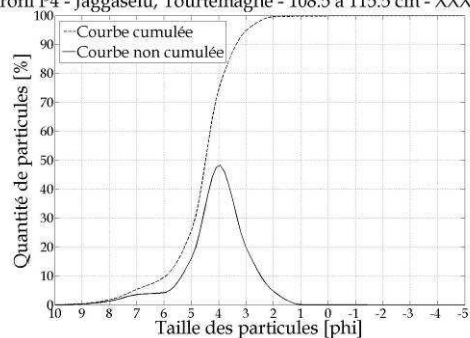
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 106.5 à 108.5 cm - XXXVCg



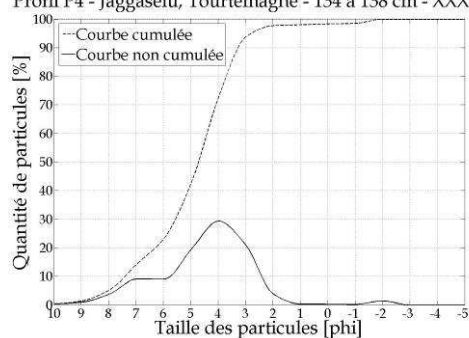
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 131 à 134 cm - XXXIXCg



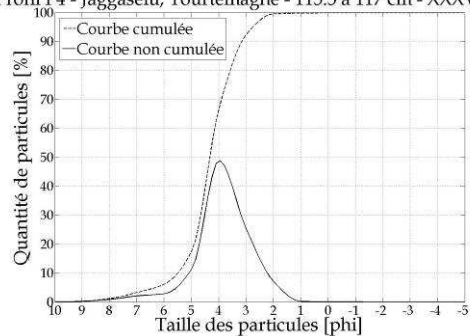
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 108.5 à 115.5 cm - XXXVICg



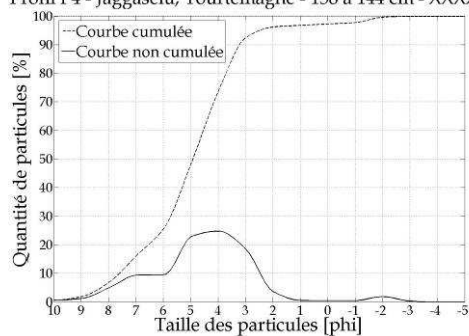
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 134 à 138 cm - XXXXCg



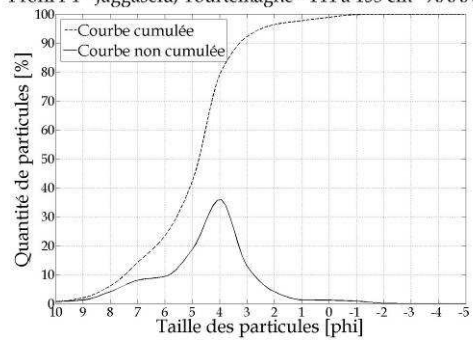
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 115.5 à 117 cm - XXXVIIICg



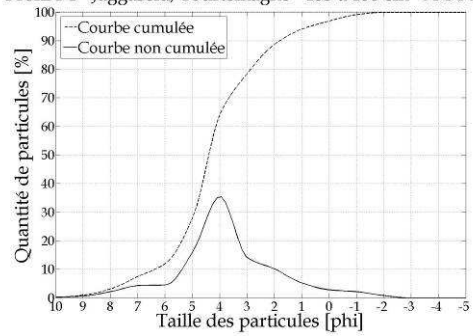
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 138 à 144 cm - XXXXICg



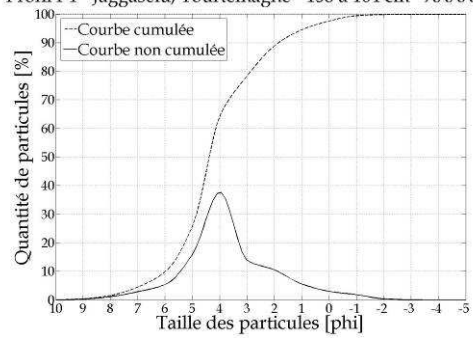
Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 144 à 153 cm - XXXXIICg



Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 153 à 158 cm - XXXXIICg

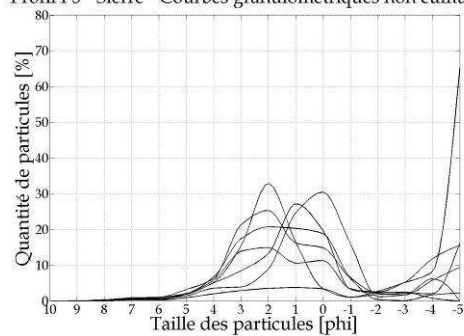


Profil P4 - Jaggaseiu, Tourtemagne - 158 à 164 cm - XXXXIVGr

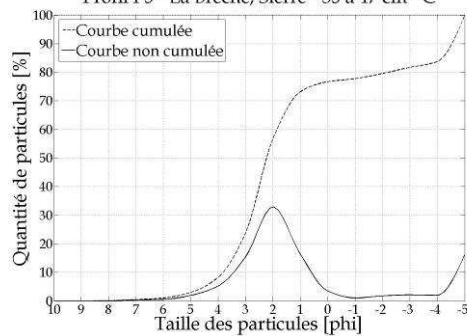


Annexe 4.7. Courbes granulométriques des fréquences cumulées et non cumulées (relatives) pour le profil P5

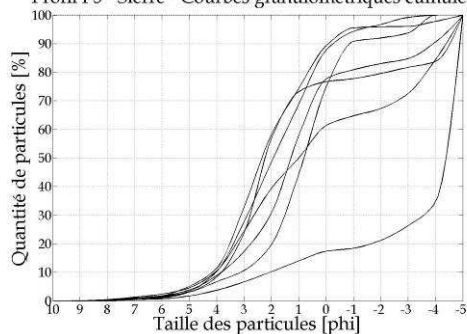
Profil P5 - Sierre - Courbes granulométriques non cumulées



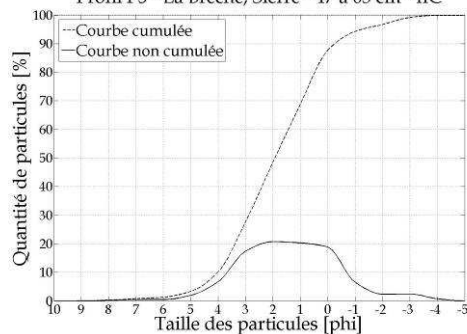
Profil P5 - La Brèche, Sierre - 35 à 47 cm - C



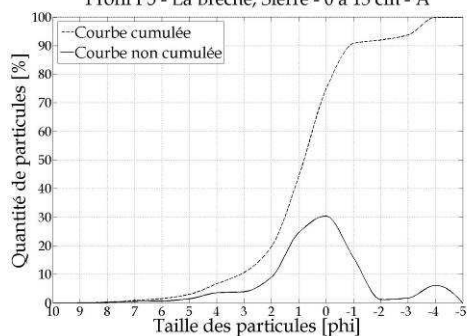
Profil P5 - Sierre - Courbes granulométriques cumulées



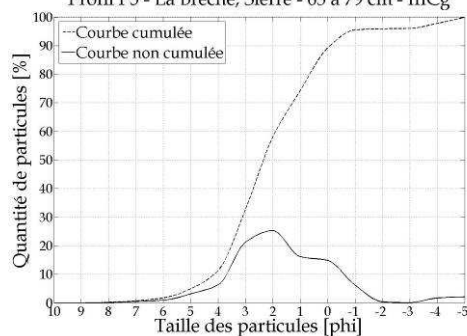
Profil P5 - La Brèche, Sierre - 47 à 63 cm - IIC



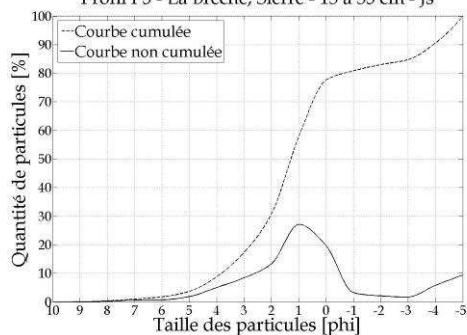
Profil P5 - La Brèche, Sierre - 0 à 13 cm - A



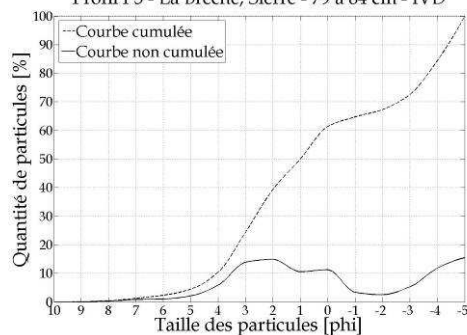
Profil P5 - La Brèche, Sierre - 63 à 79 cm - IIICg

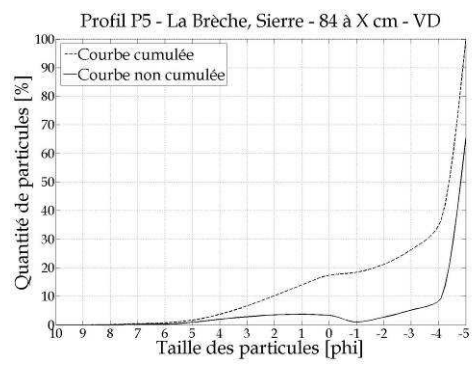


Profil P5 - La Brèche, Sierre - 13 à 35 cm - Js



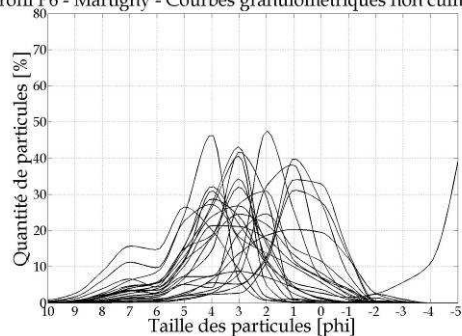
Profil P5 - La Brèche, Sierre - 79 à 84 cm - IVD



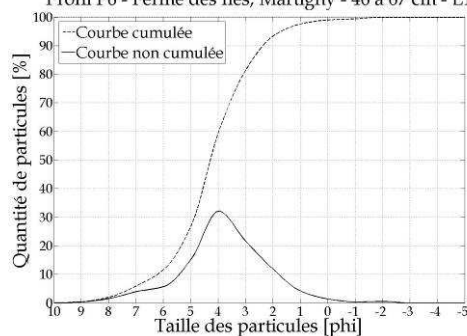


Annexe 4.8. Courbes granulométriques des fréquences cumulées et non cumulées (relatives) pour le profil P6

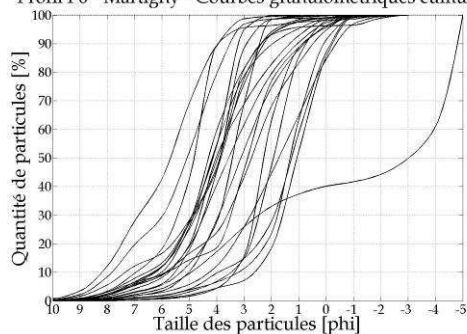
Profil P6 - Martigny - Courbes granulométriques non cumulées



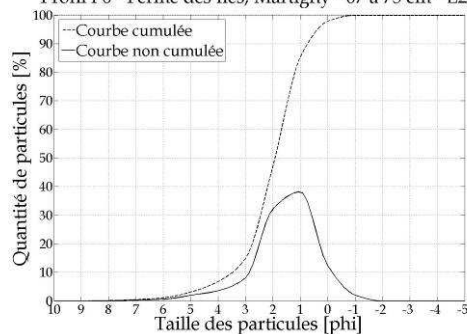
Profil P6 - Ferme des Îles, Martigny - 46 à 67 cm - L1



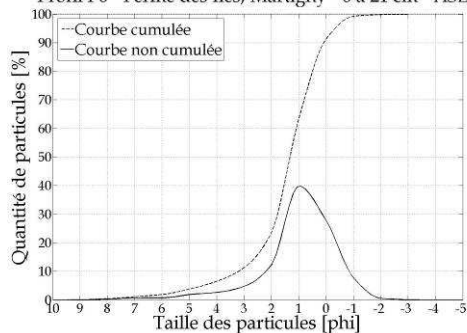
Profil P6 - Martigny - Courbes granulométriques cumulées



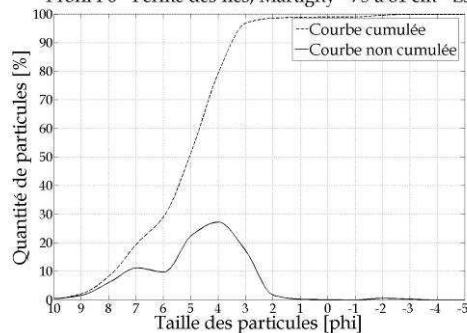
Profil P6 - Ferme des Îles, Martigny - 67 à 73 cm - L2g



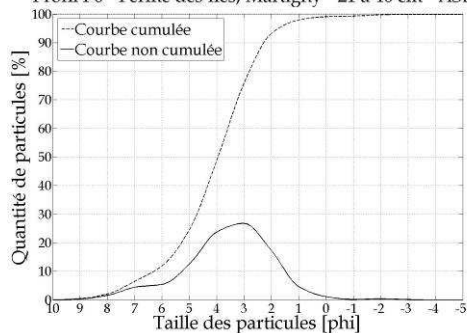
Profil P6 - Ferme des Îles, Martigny - 6 à 21 cm - ASL1



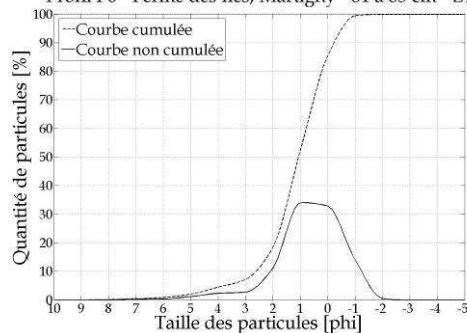
Profil P6 - Ferme des Îles, Martigny - 73 à 81 cm - L3

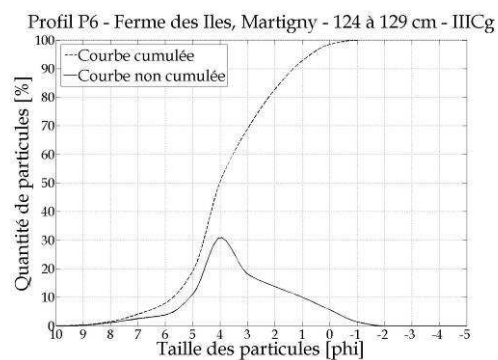
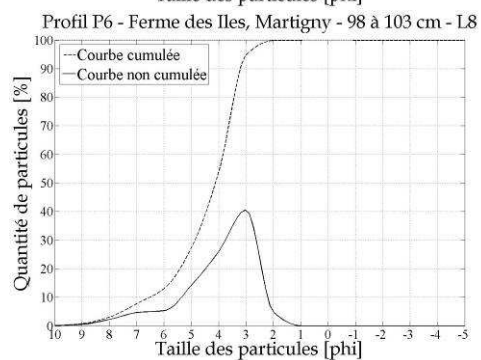
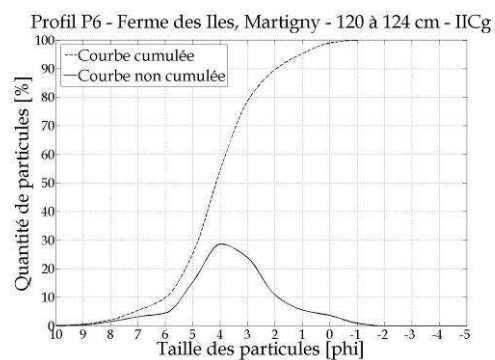
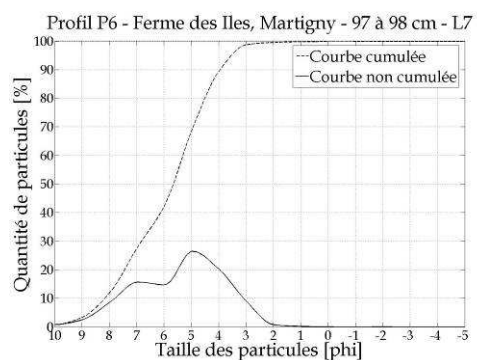
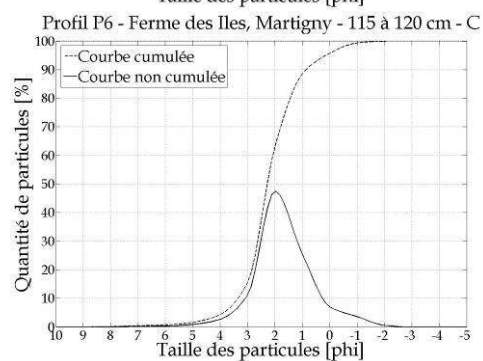
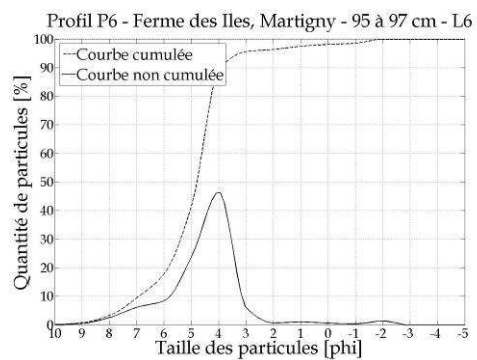
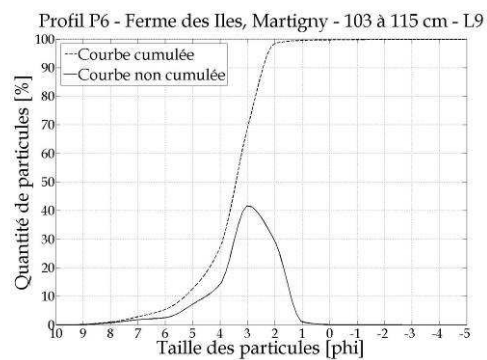
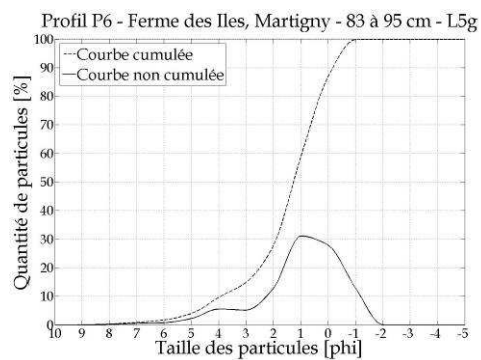


Profil P6 - Ferme des Îles, Martigny - 21 à 46 cm - ASL2

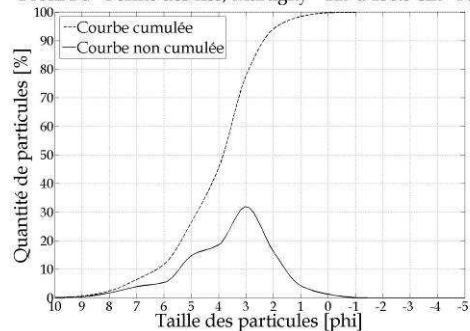


Profil P6 - Ferme des Îles, Martigny - 81 à 83 cm - L4

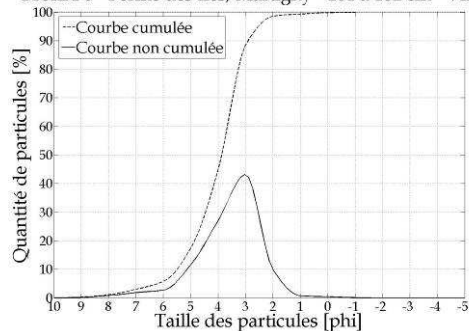




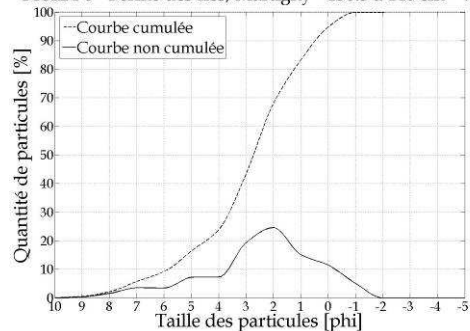
Profil P6 - Ferme des Iles, Martigny - 129 à 130.5 cm - IVCg



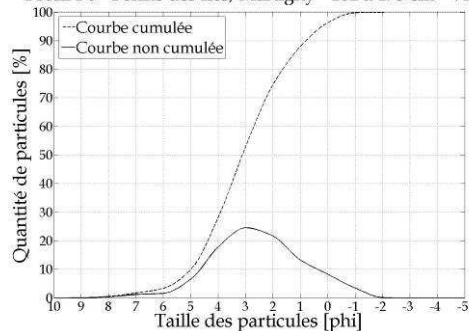
Profil P6 - Ferme des Iles, Martigny - 161 à 162 cm - VIIICg



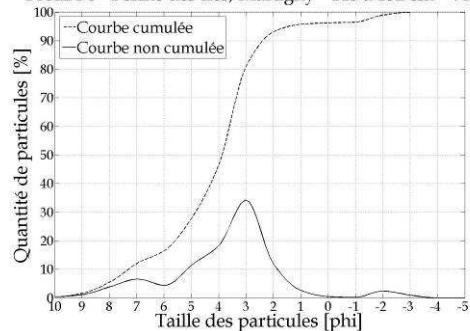
Profil P6 - Ferme des Iles, Martigny - 130.5 à 146 cm - VCg



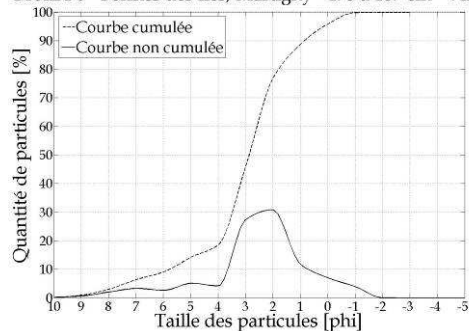
Profil P6 - Ferme des Iles, Martigny - 162 à 175 cm - VICg



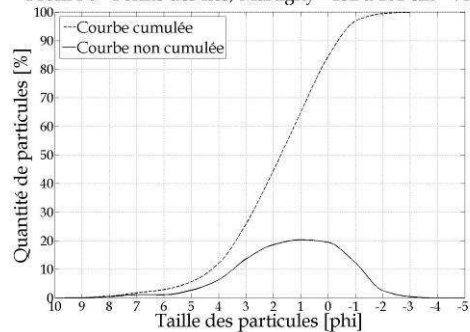
Profil P6 - Ferme des Iles, Martigny - 146 à 152 cm - VIAg



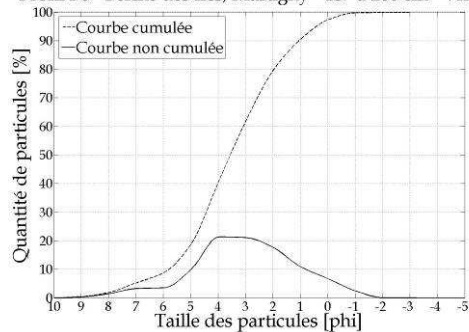
Profil P6 - Ferme des Iles, Martigny - 175 à 187 cm - VIIIAg

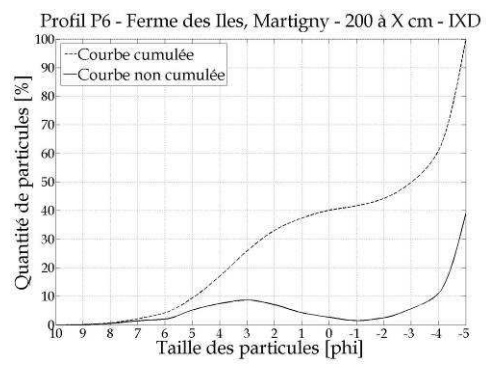


Profil P6 - Ferme des Iles, Martigny - 152 à 161 cm - VICg



Profil P6 - Ferme des Iles, Martigny - 187 à 200 cm - VIIICg





Annexe 4.9. Calcul et signification des indices granulométriques

Les formules utilisées pour le calcul des indices granulométriques sont les suivantes (Pettijohn et al., 1973 ; Folk et Ward, 1957), avec P = percentile :

$$\text{médiane} = P_{50} [\varphi]$$

$$\text{moyenne} = \frac{P_{16} + P_{50} + P_{84}}{3} [\varphi]$$

$$\text{kurtose} = \frac{P_{95} - P_5}{2.44(P_{75} - P_{25})}$$

$$\text{sorting} = \frac{P_{84} - P_{16}}{4} + \frac{P_{95} - P_5}{6.6} [\varphi]$$

$$\text{skewness} = \frac{P_{84} + P_{16} - 2P_{50}}{2(P_{84} - P_{16})} + \frac{P_{95} + P_5 - 2P_{50}}{2(P_{95} - P_5)}$$

Signification des indices granulométriques :

La médiane est la valeur (sur phi) pour laquelle la fréquence cumulée est égale à 50% (annexes 4.4 à 4.8).

En comparaison avec la médiane, la moyenne arithmétique, sensible aux valeurs extrêmes, permet d'expliquer certains comportements particuliers de points extrêmes. Elle est également exprimée en unité phi.

La kurtose, sans unité :

$k < 0.67$: courbe très platycurtique (aplatie)

$0.67 < k < 0.90$: courbe platycurtique

$0.90 < k < 1.11$: courbe mésokurtique

$1.11 < k < 1.50$: courbe leptocurtique

$1.50 < k < 3.00$: courbe très leptocurtique

$3.00 < k$: courbe extrêmement leptocurtique (en forme de pic pointu)

Le sorting, exprimé en unité phi :

$0 < st < 0.35$: très bien classé

$0.35 < st < 0.50$: bien classé

$0.50 < st < 0.71$: assez bien classé

$0.71 < st < 1$: moyennement classé

$1 < st < 2$: médiocrement classé

$2 < st < 4$: très mal classé

Le skewness, sans unité :

$1.00 < sk < 0.30$: forte asymétrie vers les petites tailles

$0.30 < sk < 0.10$: asymétrie vers les petites tailles

$0.10 < sk < -0.10$: symétrie des tailles de l'échantillon

$-0.10 < sk < -0.30$: asymétrie vers les grandes tailles

$-0.30 < sk < -1.00$: forte asymétrie vers les grandes tailles

Annexe 4.10. Indices granulométriques

N°	Nom	Profondeur [cm]	Médiane [φ]	Moyenne [φ]	Kurtose sans unité	Sorting [φ]	Skewness sans unité
1	P1-LA2	1-13	3.25	3.49	1.03	1.90	0.24
2	P1-LCg1	13-44	2.32	2.27	1.38	0.94	-0.08
3	P1-LCg2	44-57	1.27	1.41	0.92	1.05	0.26
4	P1-Cg	57-71	3.19	3.21	1.40	0.95	0.20
5	P1-IICg1	71-75	3.94	4.01	1.17	1.20	0.17
6	P1-IICg2	75-83	1.67	1.77	1.35	0.82	0.24
7	P1-IIICg	83-99	3.84	4.06	0.84	2.48	0.12
8	P1-IVCg	99-114	3.31	3.63	1.18	1.85	0.32
9	P1-VD	114-X	-1.87	-0.64	0.65	3.57	0.46
10	P3-L	0-21	1.67	1.63	1.22	1.21	-0.01
11	P3-Lg	21-37	1.94	1.78	0.75	1.64	-0.08
12	P3-Cg	37-50	3.24	3.20	1.25	0.83	-0.03
13	P3-IICg	50-51.5	2.92	2.91	1.13	0.86	0.03
14	P3-IIICg	51.5-52.5	3.48	3.53	1.22	0.91	0.14
15	P3-IVCg	52.5-54	3.30	3.31	1.20	0.90	0.10
16	P3-VCg	54-60	4.65	4.79	1.62	0.85	0.33
17	P3-VICg	60-62	3.58	3.92	1.53	1.18	0.45
18	P3-VIIICg	62-67	4.37	4.42	1.27	0.99	0.18
19	P3-VIIICg	67-70	4.38	4.40	1.23	0.86	0.12
20	P3-IXCg	70-75	4.44	4.64	1.59	1.27	0.38
21	P3-XCg	75-81	3.25	3.31	1.42	0.97	0.26
22	P3-XICg	81-85	4.36	4.37	2.52	1.98	-0.12
23	P3-XIID	85-95	3.38	1.78	0.61	3.85	-0.46
24	P4-A2	1.5-6.5	3.20	3.51	1.81	1.54	0.33
25	P4-S	6.5-20	1.92	1.81	1.15	1.24	-0.12
26	P4-Sg1	20-32	2.09	2.04	1.25	0.90	-0.04
27	P4-Sg2	32-38	1.36	1.32	1.02	1.13	-0.02
28	P4-Sg3	38-40	1.52	1.48	1.06	1.16	-0.01
29	P4-Sg4	40-43.5	4.51	4.54	1.34	1.30	0.07
30	P4-IICg	43.5-44	2.61	2.70	1.42	0.84	0.23
31	P4-IIICg	44-45	3.52	3.60	1.37	0.92	0.23
32	P4-IVCg	45-46	2.63	2.74	1.39	0.97	0.27
33	P4-VCg	46-47.5	4.17	4.26	1.18	1.32	0.13
34	P4-VICg	47.5-49	4.09	4.23	1.14	0.94	0.33
35	P4-VIIICg	49-50	3.65	3.77	0.98	1.13	0.19
36	P4-VIIICg	50-50.5	3.09	3.12	1.22	0.84	0.17
37	P4-IXCg	50.5-51	4.53	4.72	1.27	1.39	0.29
38	P4-XCg	51-56.5	3.21	3.26	1.32	0.91	0.24
39	P4-XICg	56.5-57.5	4.53	4.57	1.49	0.89	0.10
40	P4-XIICg	57.5-58.5	4.09	4.17	1.20	1.03	0.19
41	P4-XIICg	58.5-60	4.44	4.48	1.24	1.10	0.14
42	P4-XIVCg	60-63.5	3.64	3.85	1.11	1.16	0.30
43	P4-XVCg	63.5-64	4.46	4.54	1.22	1.13	0.23
44	P4-XVICg	64-65.5	4.34	4.37	1.15	0.87	0.13
45	P4-XVIIICg	65.5-67	4.11	4.18	1.04	0.85	0.17
46	P4-XVIIICg	67-69	4.51	4.56	1.19	0.91	0.16
47	P4-XIXCg	69-70	4.50	4.55	1.32	0.83	0.15
48	P4-XXCg	70-72.5	4.50	4.54	1.45	0.70	0.13
49	P4-XXICg	72.5-74.5	4.30	4.43	1.05	1.06	0.28
50	P4-XXIICg	74.5-76.5	4.72	4.92	1.38	0.97	0.38
51	P4-XXIICg	76.5-79.5	4.50	4.57	1.28	1.01	0.22

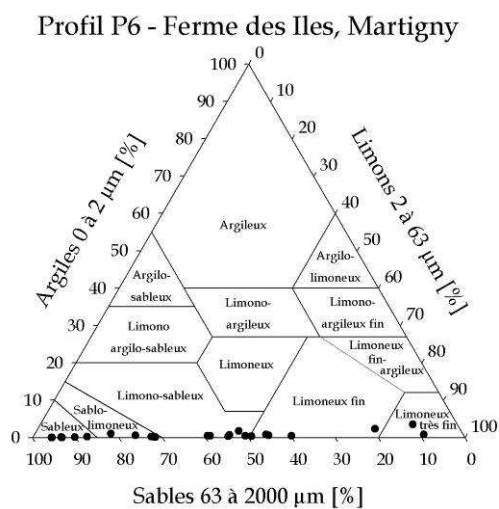
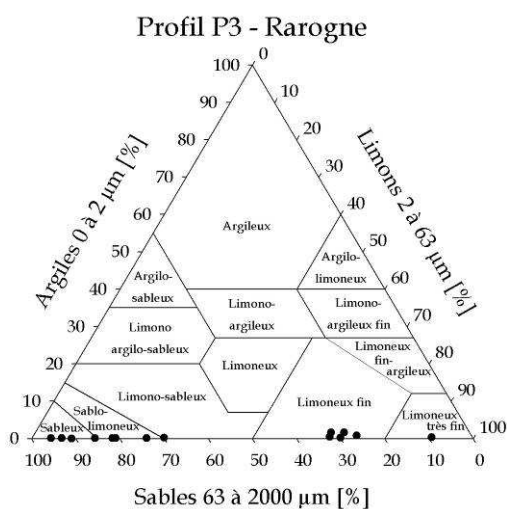
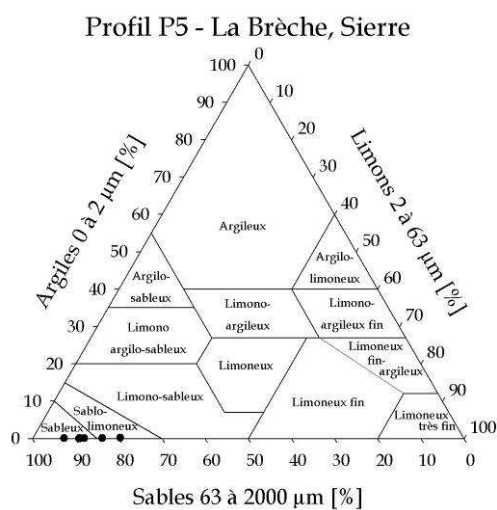
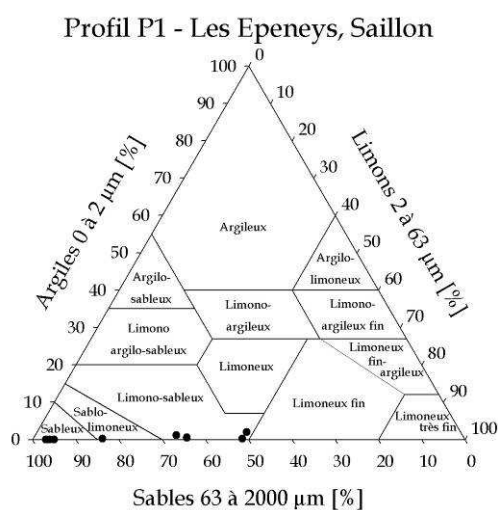
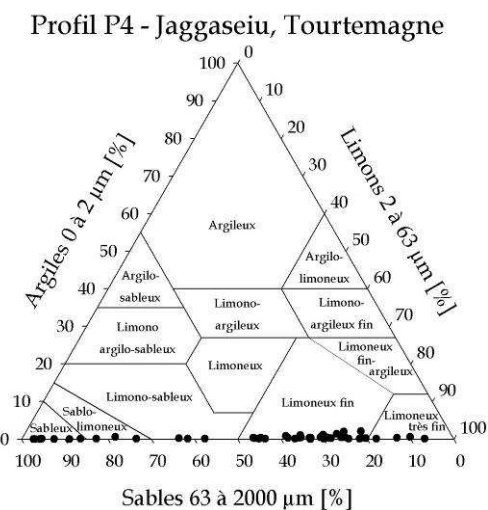
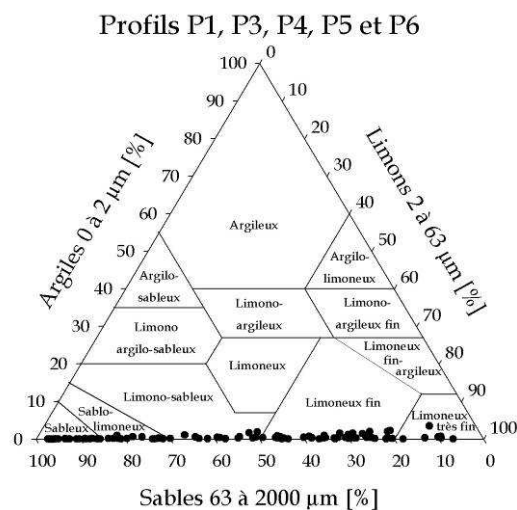
N°	Nom	Profondeur [cm]	Médiane [φ]	Moyenne [φ]	Kurtose sans unité	Sorting [φ]	Skewness sans unité
52	P4-XXIVCg	79.5-82	4.82	4.96	1.25	1.03	0.26
53	P4-XXVCg	82-83.5	4.39	4.42	1.23	0.89	0.14
54	P4-XXVICg	83.5-86	4.55	4.61	1.49	0.51	0.21
55	P4-XXVIICg	86-89	4.16	4.26	1.05	0.98	0.20
56	P4-XXVIIIc	89-90	3.82	4.01	1.14	0.88	0.35
57	P4-XXIXCg	90-92	4.31	4.39	1.07	0.98	0.20
58	P4-XXXCg	92-96.5	4.50	4.54	1.61	0.91	0.14
59	P4-XXXICg	96.5-100	4.55	4.66	1.07	1.17	0.22
60	P4-XXXIICg	100-101.5	4.32	4.31	1.27	0.87	0.06
61	P4-XXXIIICg	101.5-102.5	4.50	4.61	1.17	1.15	0.24
62	P4-XXXIVCg	102.5-106.5	4.56	4.60	1.09	1.10	0.14
63	P4-XXXVCg	106.5-108.5	4.41	4.43	1.10	1.22	0.08
64	P4-XXXVICg	108.5-115.5	4.48	4.53	1.61	1.08	0.18
65	P4-XXXVIICg	115.5-117	4.33	4.28	1.44	0.95	0.01
66	P4-XXXVIIIc	117-131	4.32	4.44	1.28	1.39	0.23
67	P4-XXXIXCg	131-134	4.49	4.52	1.25	1.13	0.10
68	P4-XXXXCg	134-138	4.72	5.02	1.09	1.60	0.27
69	P4-XXXXICg	138-144	4.93	5.16	1.12	1.74	0.18
70	P4-XXXXIICg	144-153	4.76	5.10	1.35	1.64	0.27
71	P4-XXXXIIICg	153-158	4.41	4.19	1.52	1.81	-0.15
72	P4-XXXXIVGr	158-164	4.39	4.14	1.41	1.65	-0.21
73	P5-A	0-13	0.81	0.90	1.82	1.85	0.02
74	P5-Js	13-35	1.29	0.61	1.78	2.83	-0.31
75	P5-C	35-47	2.24	0.53	1.64	3.27	-0.60
76	P5-IIC	47-63	1.93	1.93	0.99	1.72	-0.04
77	P5-IIICg	63-79	2.35	2.16	1.01	1.69	-0.13
78	P5-IVD	79-84	1.01	0.20	0.63	3.33	-0.26
79	P5-VD	84-X	-4.39	-2.91	1.78	2.62	0.85
80	P6-ASL1	6-21	1.33	1.40	1.55	1.27	0.21
81	P6-ASL2	21-46	3.95	4.05	1.18	1.58	0.15
82	P6-L1	46-67	4.29	4.24	1.30	1.52	0.00
83	P6-L2g	67-73	1.93	1.98	1.32	1.08	0.16
84	P6-L3	73-81	5.05	5.38	0.97	1.66	0.29
85	P6-L4	81-83	1.07	1.10	1.30	1.17	0.15
86	P6-L5g	83-95	1.27	1.43	1.27	1.47	0.26
87	P6-L6	95-97	4.80	5.05	1.47	1.16	0.34
88	P6-L7	97-98	5.66	5.89	0.87	1.62	0.19
89	P6-L8	98-103	4.12	4.40	1.17	1.27	0.43
90	P6-L9	103-115	3.43	3.58	1.25	1.11	0.31
91	P6-C	115-120	2.29	2.18	1.39	0.99	-0.16
92	P6-IICg	120-124	4.16	4.09	1.37	1.64	-0.05
93	P6-IIICg	124-129	4.02	3.71	1.15	1.74	-0.19
94	P6-IVCg	129-130.5	3.84	4.06	1.13	1.55	0.25
95	P6-VCg	130.5-146	2.73	2.91	1.28	2.12	0.18
96	P6-VIAg	146-152	3.88	4.26	1.38	1.82	0.32
97	P6-VICg	152-161	1.73	1.81	0.96	1.80	0.11
98	P6-VIIC	161-162	3.87	4.05	1.19	1.03	0.27
99	P6-VICg	162-175	3.12	3.02	1.02	1.62	-0.09
100	P6-VIIIAg	175-187	2.87	2.96	1.92	1.86	0.17
101	P6-VIIICg	187-200	3.56	3.47	1.16	1.90	-0.01
102	P6-IXD	200-X	-3.01	-1.18	0.58	3.83	0.63

Annexe 4.11. Textures minérales

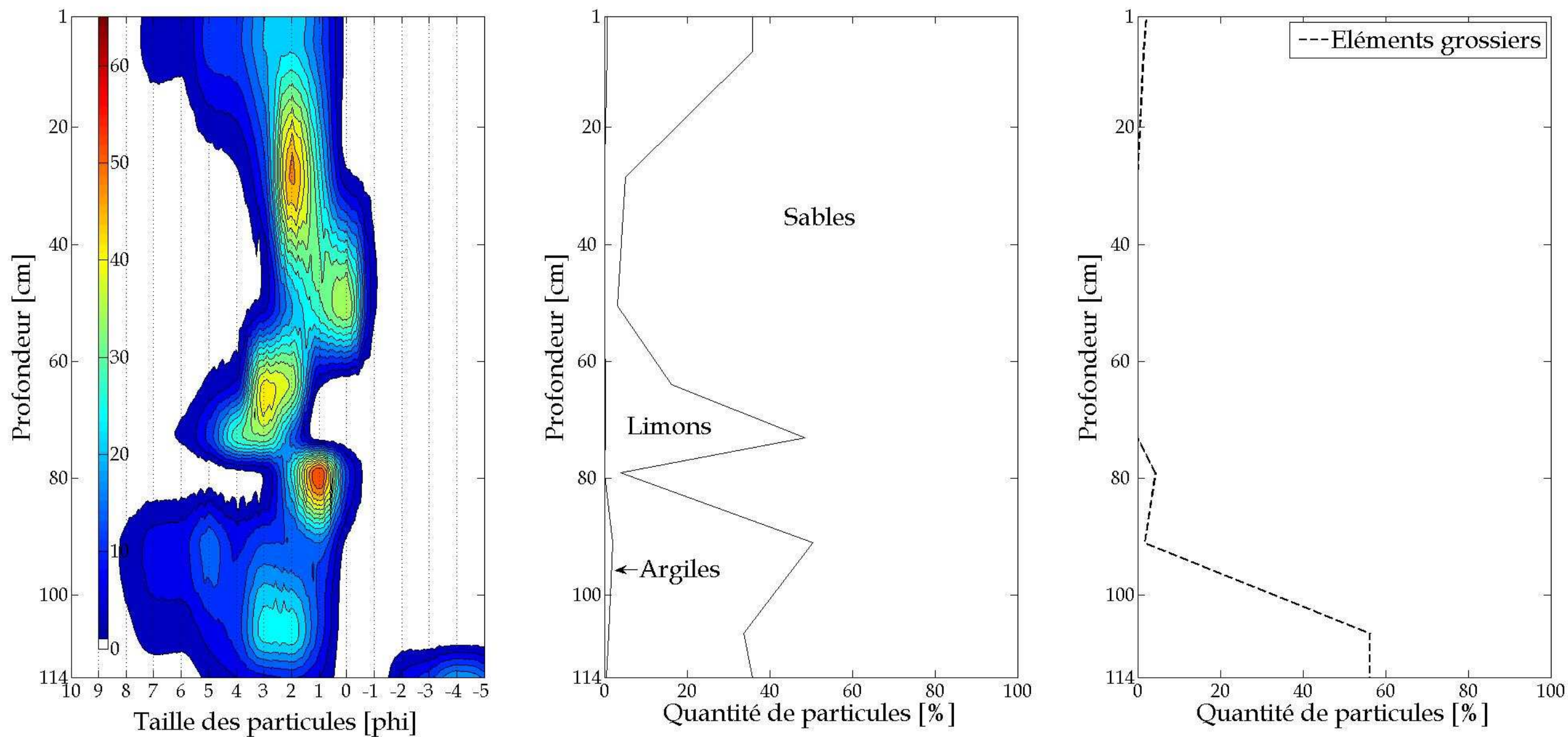
N°	Nom	Profondeur [cm]	Argiles [%]	Limons [%]	Sables [%]	Grossiers [%]	Total [%]	Argiles [%]	Limons [%]	Sables [%]	Total [%]
1	P1-LA2	1-13	0.60	34.61	62.74	2.05	100	0.61	35.33	64.06	100
2	P1-LCg1	13-44	0.03	4.93	93.69	1.35	100	0.03	5.00	94.97	100
3	P1-LCg2	44-57	0.04	3.07	96.89	0.00	100	0.04	3.07	96.89	100
4	P1-Cg	57-71	0.21	16.11	83.68	0.00	100	0.21	16.11	83.68	100
5	P1-IICg1	71-75	0.28	48.31	51.41	0.00	100	0.28	48.31	51.41	100
6	P1-IICg2	75-83	0.02	3.90	96.08	0.00	100	0.02	3.90	96.08	100
7	P1-IIICg	83-99	1.90	46.39	47.44	4.27	100	1.98	48.46	49.56	100
8	P1-IVCg	99-114	1.11	32.13	65.07	1.69	100	1.13	32.68	66.19	100
9	P1-VD	114-X	0.22	15.48	27.99	56.31	100	0.50	35.43	64.07	100
10	P3-L	0-21	0.06	4.35	95.59	0.00	100	0.06	4.35	95.59	100
11	P3-Lg	21-37	0.08	6.73	93.17	0.02	100	0.08	6.73	93.19	100
12	P3-Cg	37-50	0.06	14.30	85.64	0.00	100	0.06	14.30	85.64	100
13	P3-IICg	50-51.5	0.03	9.08	90.89	0.00	100	0.03	9.08	90.89	100
14	P3-IIICg	51.5-52.5	0.08	25.98	73.94	0.00	100	0.08	25.98	73.94	100
15	P3-IVCg	52.5-54	0.06	18.97	80.97	0.00	100	0.06	18.97	80.97	100
16	P3-VCg	54-60	0.34	90.36	9.30	0.00	100	0.34	90.36	9.30	100
17	P3-VICg	60-62	0.22	29.88	69.90	0.00	100	0.22	29.88	69.90	100
18	P3-VIICg	62-67	0.45	67.25	32.30	0.00	100	0.45	67.25	32.30	100
19	P3-VIIICg	67-70	0.27	69.85	29.88	0.00	100	0.27	69.85	29.88	100
20	P3-IXCg	70-75	1.58	69.94	28.48	0.00	100	1.58	69.94	28.48	100
21	P3-XCg	75-81	0.16	18.25	81.51	0.08	100	0.16	18.26	81.58	100
22	P3-XICg	81-85	1.47	62.47	29.25	6.81	100	1.58	67.04	31.38	100
23	P3-XIID	85-95	0.46	41.63	14.77	43.14	100	0.81	73.21	25.98	100
24	P4-A2	1.5-6.5	0.61	21.07	77.13	1.19	100	0.62	21.32	78.06	100
25	P4-S	6.5-20	0.11	4.54	94.10	1.25	100	0.11	4.60	95.29	100
26	P4-Sg1	20-32	0.06	4.19	94.89	0.86	100	0.06	4.23	95.71	100
27	P4-Sg2	32-38	0.05	2.69	97.00	0.26	100	0.05	2.70	97.25	100
28	P4-Sg3	38-40	0.02	3.05	96.69	0.24	100	0.02	3.06	96.92	100
29	P4-Sg4	40-43.5	0.38	70.39	29.19	0.04	100	0.38	70.42	29.20	100
30	P4-IICg	43.5-44	0.06	7.51	92.43	0.00	100	0.06	7.51	92.43	100
31	P4-IIICg	44-45	0.09	26.49	73.42	0.00	100	0.09	26.49	73.42	100
32	P4-IVCg	45-46	0.06	11.05	88.86	0.03	100	0.06	11.05	88.89	100
33	P4-VCg	46-47.5	0.32	55.11	44.46	0.11	100	0.32	55.17	44.51	100
34	P4-VICg	47.5-49	0.28	53.75	45.93	0.04	100	0.28	53.77	45.95	100
35	P4-VIICg	49-50	0.13	38.33	61.54	0.00	100	0.13	38.33	61.54	100
36	P4-VIIICg	50-50.5	0.08	13.60	86.14	0.18	100	0.08	13.62	86.30	100
37	P4-IXCg	50.5-51	1.22	69.08	29.57	0.13	100	1.22	69.17	29.61	100
38	P4-XCg	51-56.5	0.15	17.22	82.63	0.00	100	0.15	17.22	82.63	100
39	P4-XICg	56.5-57.5	0.21	79.37	20.29	0.13	100	0.21	79.47	20.32	100
40	P4-XIICg	57.5-58.5	0.40	53.30	46.23	0.07	100	0.40	53.34	46.26	100
41	P4-XIIICg	58.5-60	0.36	68.36	29.59	1.69	100	0.37	69.54	30.09	100
42	P4-XIVCg	60-63.5	0.20	36.34	63.46	0.00	100	0.20	36.34	63.46	100
43	P4-XVCg	63.5-64	0.44	68.89	30.60	0.07	100	0.44	68.94	30.62	100
44	P4-XVICg	64-65.5	0.07	66.76	33.17	0.00	100	0.07	66.76	33.17	100
45	P4-XVIIICg	65.5-67	0.10	54.85	45.05	0.00	100	0.10	54.85	45.05	100
46	P4-XVIIIICg	67-69	0.18	75.56	24.26	0.00	100	0.18	75.56	24.26	100
47	P4-XIXCg	69-70	0.12	78.11	21.77	0.00	100	0.12	78.11	21.77	100
48	P4-XXCg	70-72.5	0.10	81.95	17.95	0.00	100	0.10	81.95	17.95	100
49	P4-XXICg	72.5-74.5	0.37	61.40	38.23	0.00	100	0.37	61.40	38.23	100
50	P4-XXIICg	74.5-76.5	0.59	89.51	9.83	0.07	100	0.59	89.57	9.84	100
51	P4-XXIIICg	76.5-79.5	0.47	73.63	25.90	0.00	100	0.47	73.63	25.90	100

N°	Nom	Profondeur [cm]	Argiles [%]	Limons [%]	Sables [%]	Grossiers [%]	Total [%]	Argiles [%]	Limons [%]	Sables [%]	Total [%]
52	P4-XXIVCg	79.5-82	0.36	86.64	13.00	0.00	100	0.36	86.64	13.00	100
53	P4-XXVCg	82-83.5	0.17	69.74	30.09	0.00	100	0.17	69.74	30.09	100
54	P4-XXVICg	83.5-86	0.08	93.13	6.79	0.00	100	0.08	93.13	6.79	100
55	P4-XXVIICg	86-89	0.11	56.29	43.60	0.00	100	0.11	56.29	43.60	100
56	P4-XXVIIICg	89-90	0.12	42.30	57.58	0.00	100	0.12	42.30	57.58	100
57	P4-XXIXCg	90-92	0.11	63.18	36.71	0.00	100	0.11	63.18	36.71	100
58	P4-XXXCg	92-96.5	0.33	78.42	21.25	0.00	100	0.33	78.42	21.25	100
59	P4-XXXICg	96.5-100	0.37	70.33	29.30	0.00	100	0.37	70.33	29.30	100
60	P4-XXXIICg	100-101.5	0.31	66.46	33.23	0.00	100	0.31	66.46	33.23	100
61	P4-XXXIIICg	101.5-102.5	0.38	70.56	29.06	0.00	100	0.38	70.56	29.06	100
62	P4-XXXIVCg	102.5-106.5	0.27	71.39	28.34	0.00	100	0.27	71.39	28.34	100
63	P4-XXXVCg	106.5-108.5	0.35	64.06	35.59	0.00	100	0.35	64.06	35.59	100
64	P4-XXXVICg	108.5-115.5	0.47	74.58	24.95	0.00	100	0.47	74.58	24.95	100
65	P4-XXXVIICg	115.5-117	0.31	66.72	32.97	0.00	100	0.31	66.72	32.97	100
66	P4-XXXVIIICg	117-131	0.80	60.65	38.55	0.00	100	0.80	60.65	38.55	100
67	P4-XXXIXCg	131-134	0.35	70.69	28.96	0.00	100	0.35	70.69	28.96	100
68	P4-XXXXCg	134-138	1.45	71.16	25.95	1.44	100	1.47	72.20	26.33	100
69	P4-XXXXICg	138-144	1.96	71.89	23.92	2.23	100	2.00	73.53	24.47	100
70	P4-XXXXIICg	144-153	2.10	77.33	20.41	0.16	100	2.10	77.45	20.45	100
71	P4-XXXXIIICg	153-158	1.02	63.34	34.78	0.86	100	1.03	63.89	35.08	100
72	P4-XXXXIVGr	158-164	0.45	64.08	34.96	0.51	100	0.45	64.41	35.14	100
73	P5-A	0-13	0.08	6.66	84.10	9.16	100	0.09	7.33	92.58	100
74	P5-Js	13-35	0.10	8.84	71.98	19.08	100	0.12	10.92	88.96	100
75	P5-C	35-47	0.03	8.39	69.40	22.18	100	0.04	10.78	89.18	100
76	P5-IIC	47-63	0.08	10.26	84.01	5.65	100	0.08	10.87	89.05	100
77	P5-IIICg	63-79	0.06	11.46	84.05	4.43	100	0.06	11.99	87.95	100
78	P5-IVD	79-84	0.10	10.46	54.23	35.21	100	0.15	16.14	83.71	100
79	P5-VD	84-X	0.04	3.74	14.68	81.54	100	0.22	20.26	79.52	100
80	P6-ASL1	6-21	0.12	6.47	92.69	0.72	100	0.12	6.52	93.36	100
81	P6-ASL2	21-46	0.51	48.61	50.25	0.63	100	0.51	48.92	50.57	100
82	P6-L1	46-67	0.47	59.28	39.68	0.57	100	0.47	59.62	39.91	100
83	P6-L2g	67-73	0.04	6.82	93.14	0.00	100	0.04	6.82	93.14	100
84	P6-L3	73-81	2.28	77.28	19.52	0.92	100	2.30	78.00	19.70	100
85	P6-L4	81-83	0.04	4.47	94.99	0.50	100	0.04	4.49	95.47	100
86	P6-L5g	83-95	0.08	9.68	90.17	0.07	100	0.08	9.69	90.23	100
87	P6-L6	95-97	0.78	88.78	9.05	1.39	100	0.79	90.03	9.18	100
88	P6-L7	97-98	3.53	86.06	10.32	0.09	100	3.53	86.14	10.33	100
89	P6-L8	98-103	0.85	53.49	45.63	0.03	100	0.85	53.51	45.64	100
90	P6-L9	103-115	0.25	27.25	72.34	0.16	100	0.25	27.29	72.46	100
91	P6-C	115-120	0.04	4.37	95.00	0.59	100	0.04	4.40	95.56	100
92	P6-IICg	120-124	0.62	54.23	45.15	0.00	100	0.62	54.23	45.15	100
93	P6-IIICg	124-129	0.38	50.47	49.15	0.00	100	0.38	50.47	49.15	100
94	P6-IVCg	129-130.5	0.70	45.17	54.13	0.00	100	0.70	45.17	54.13	100
95	P6-VCg	130.5-146	0.59	23.44	75.94	0.03	100	0.59	23.45	75.96	100
96	P6-VIAG	146-152	1.69	45.14	49.70	3.47	100	1.75	46.76	51.49	100
97	P6-VICg	152-161	0.16	12.12	84.64	3.08	100	0.17	12.51	87.32	100
98	P6-VIIC	161-162	0.32	45.06	54.62	0.00	100	0.32	45.06	54.62	100
99	P6-VICg	162-175	0.12	28.26	71.45	0.17	100	0.12	28.31	71.57	100
100	P6-VIIAG	175-187	1.02	17.59	81.25	0.14	100	1.02	17.61	81.37	100
101	P6-VIIICg	187-200	0.49	40.15	59.16	0.20	100	0.49	40.23	59.28	100
102	P6-IXD	200-X	0.17	17.06	24.48	58.29	100	0.41	40.90	58.69	100

Annexe 4.12. Diagramme ternaire des textures minérales (modifié d'après USDA, 1975)



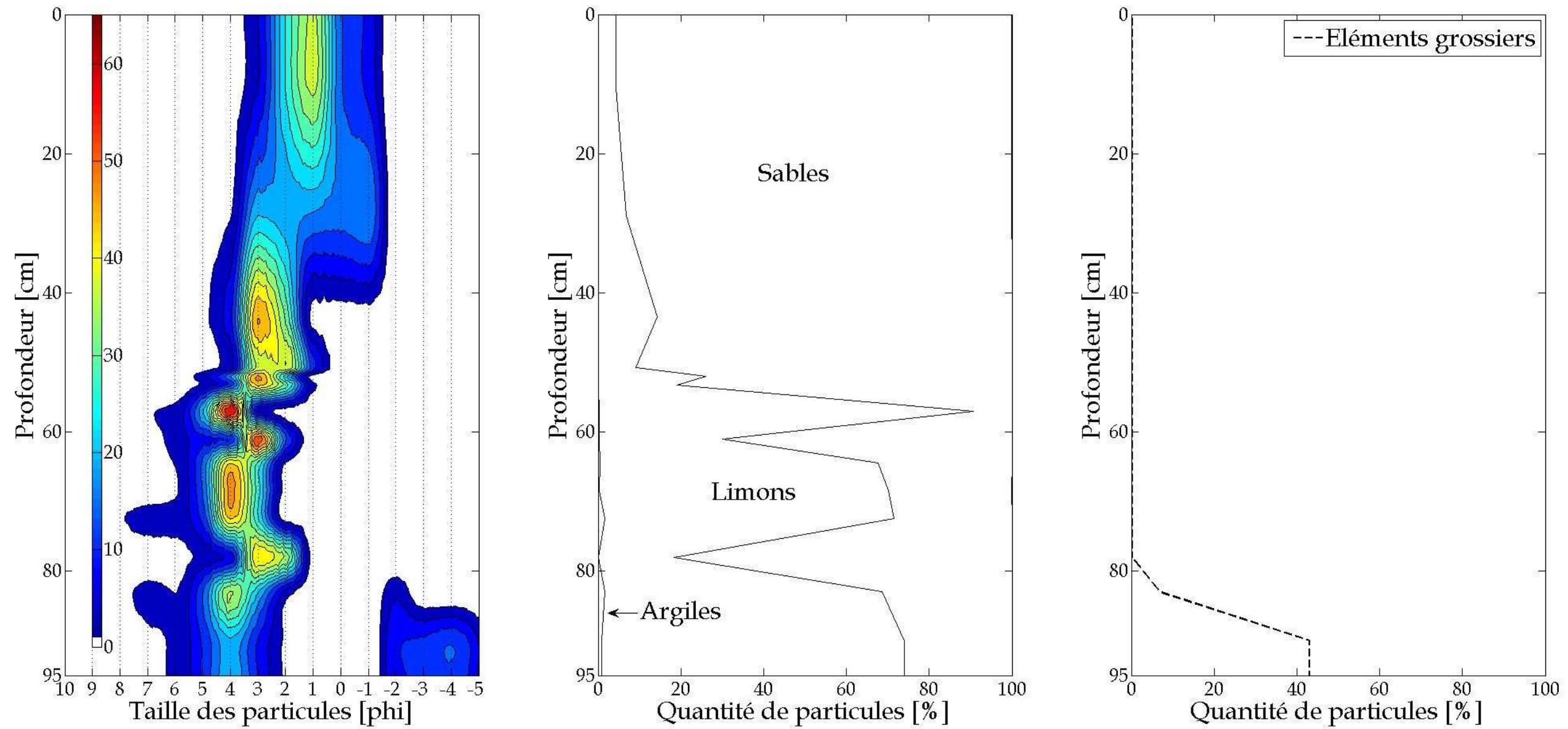
Annexe 4.13.Représentations graphiques de l'évolution granulométrique en fonction de la profondeur du profil P1 – Les Epeneys, Saillon



De gauche à droite :

- Psdplot. L'échelle de couleurs indique la quantité de particules représentées en pourcent (à partir des données de l'annexe 4.2).
- Evolution des textures en fonction de la profondeur (sur le total des argiles, limons et sables, annexe 4.11).
- Evolution des éléments grossiers en fonction de la profondeur (sur le total des argiles, limons, sables et grossiers, annexe 4.11).

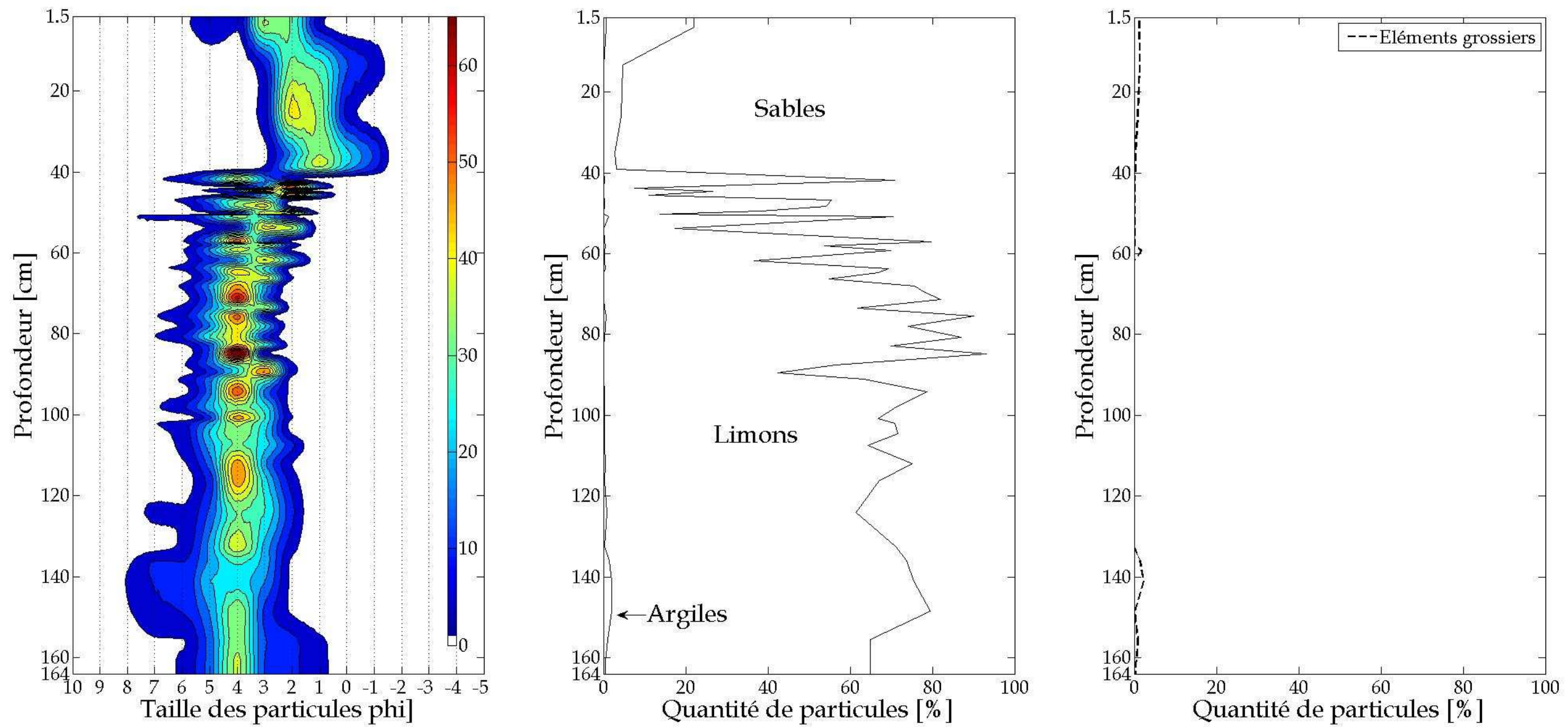
Annexe 4.14. Représentations graphiques de l'évolution granulométrique en fonction de la profondeur du profil P3 – Rarogne



De gauche à droite :

Psdplot. L'échelle de couleurs indique la quantité de particules représentées en pourcent (à partir des données de l'annexe 4.2).
 Evolution des textures en fonction de la profondeur (sur le total des argiles, limons et sables, annexe 4.11).
 Evolution des éléments grossiers en fonction de la profondeur (sur le total des argiles, limons, sables et grossiers, annexe 4.11).

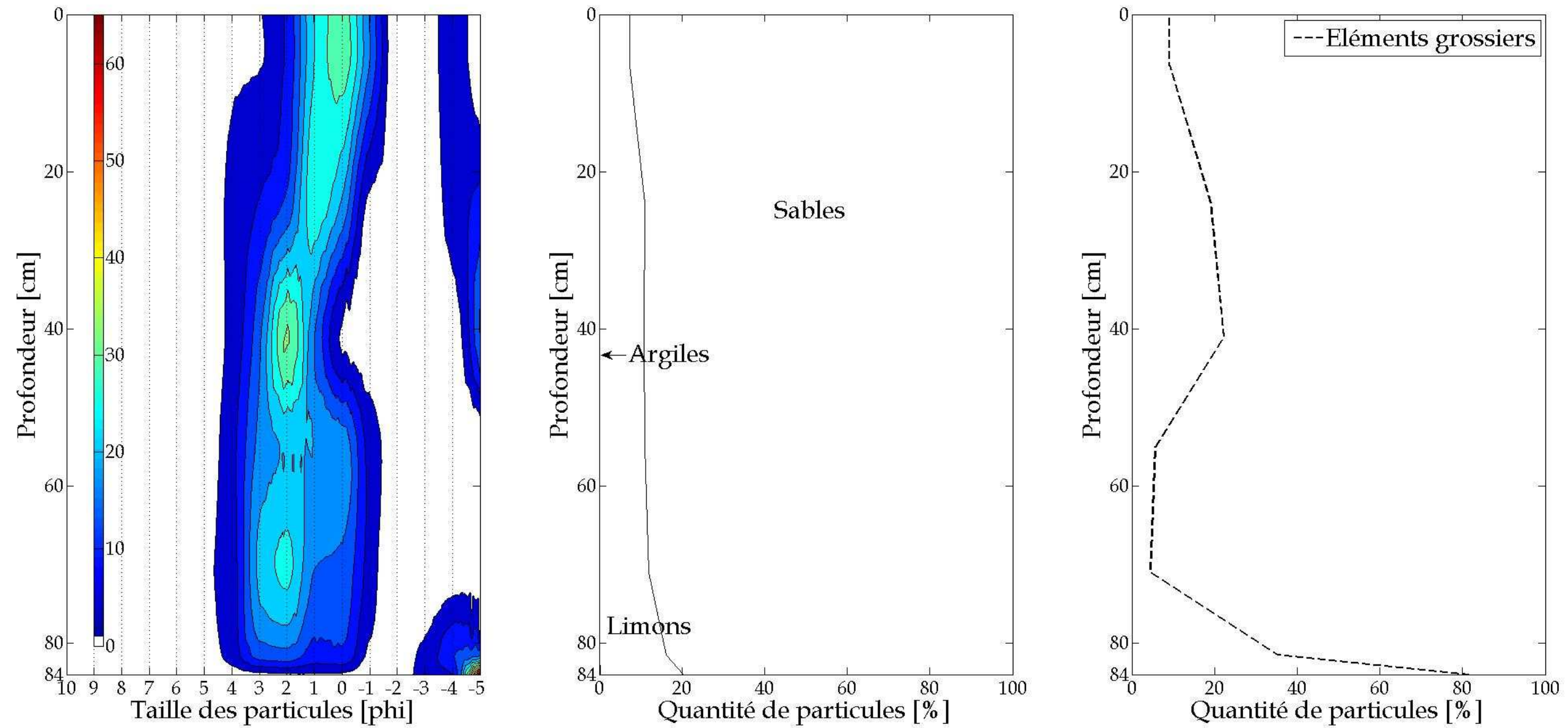
Annexe 4.15. Représentations graphiques de l'évolution granulométrique en fonction de la profondeur du profil P4 – Jaggaseiu, Tourtemagne



De gauche à droite :

Psdplot. L'échelle de couleurs indique la quantité de particules représentées en pourcent (à partir des données de l'annexe 4.2).
 Evolution des textures en fonction de la profondeur (sur le total des argiles, limons et sables, annexe 4.11).
 Evolution des éléments grossiers en fonction de la profondeur (sur le total des argiles, limons, sables et grossiers, annexe 4.11).

Annexe 4.16. Représentations graphiques de l'évolution granulométrique en fonction de la profondeur du profil P5 – La Brèche, Sierre



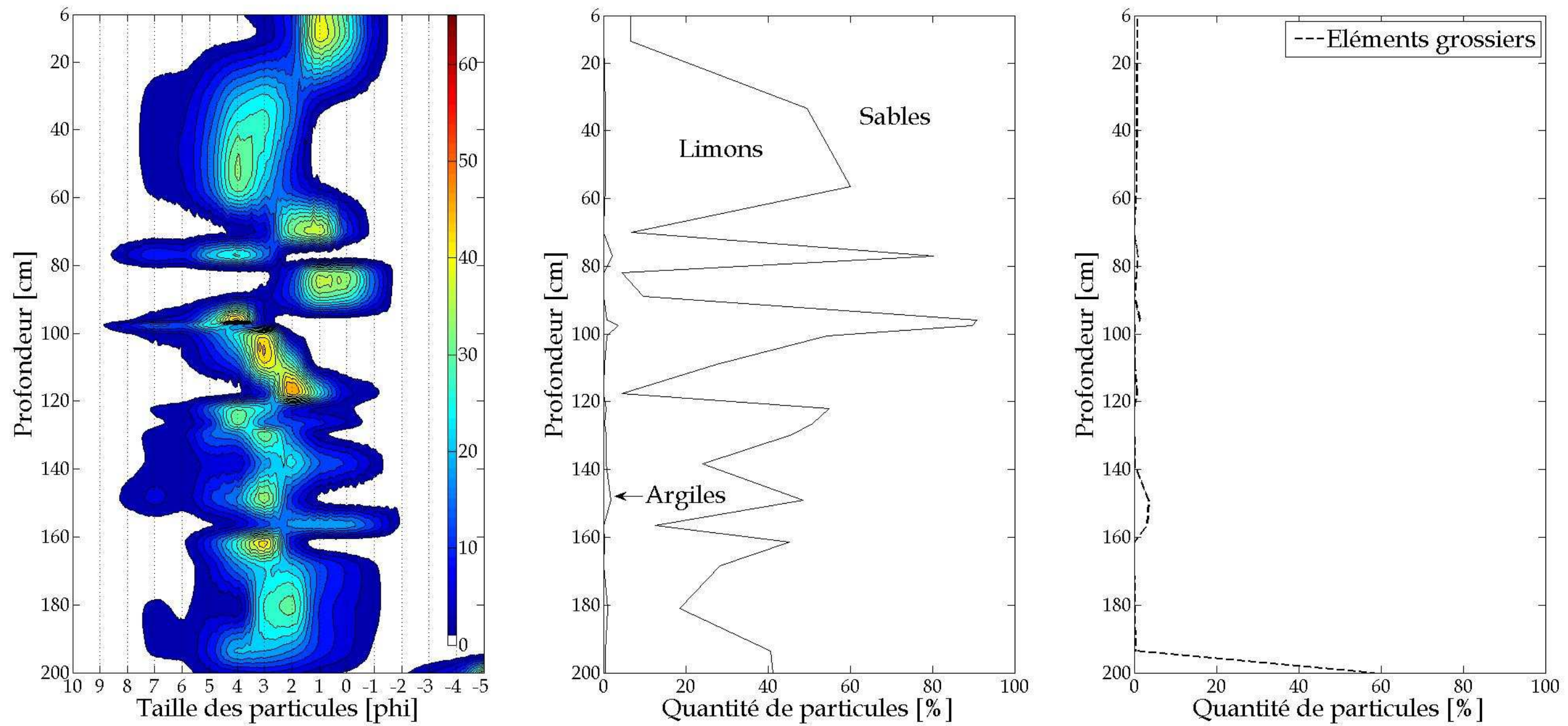
De gauche à droite :

Psdplot. L'échelle de couleurs indique la quantité de particules représentées en pourcent (à partir des données de l'annexe 4.2).

Evolution des textures en fonction de la profondeur (sur le total des argiles, limons et sables, annexe 4.11).

Evolution des éléments grossiers en fonction de la profondeur (sur le total des argiles, limons, sables et grossiers, annexe 4.11).

Annexe 4.17. Représentations graphiques de l'évolution granulométrique en fonction de la profondeur du profil P6 – Ferme des Iles, Martigny



De gauche à droite :

Psdplot. L'échelle de couleurs indique la quantité de particules représentées en pourcent (à partir des données de l'annexe 4.2).

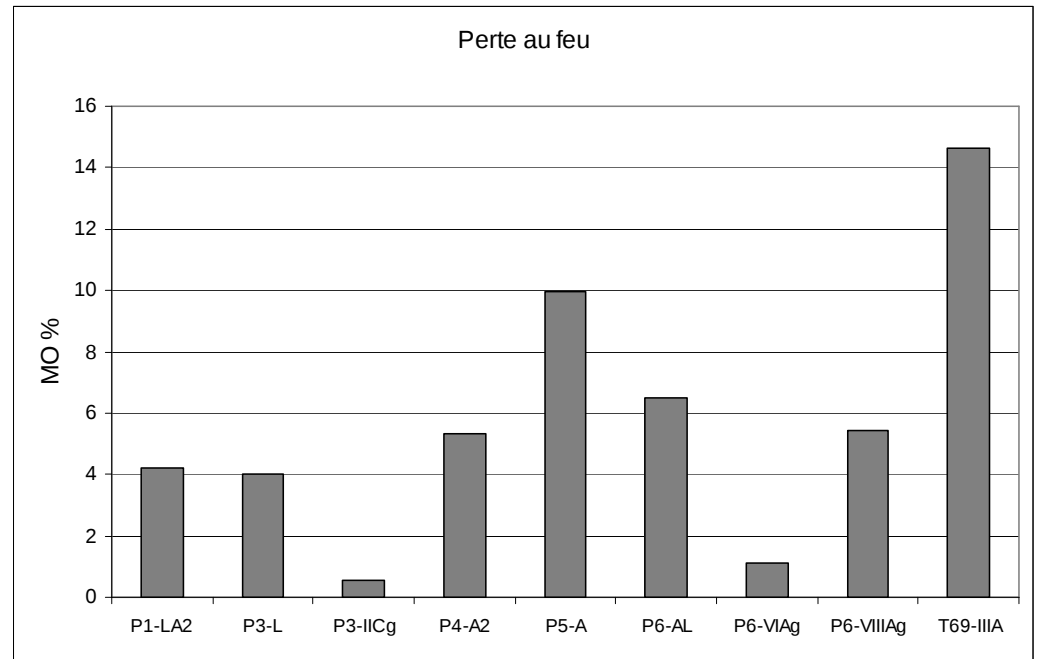
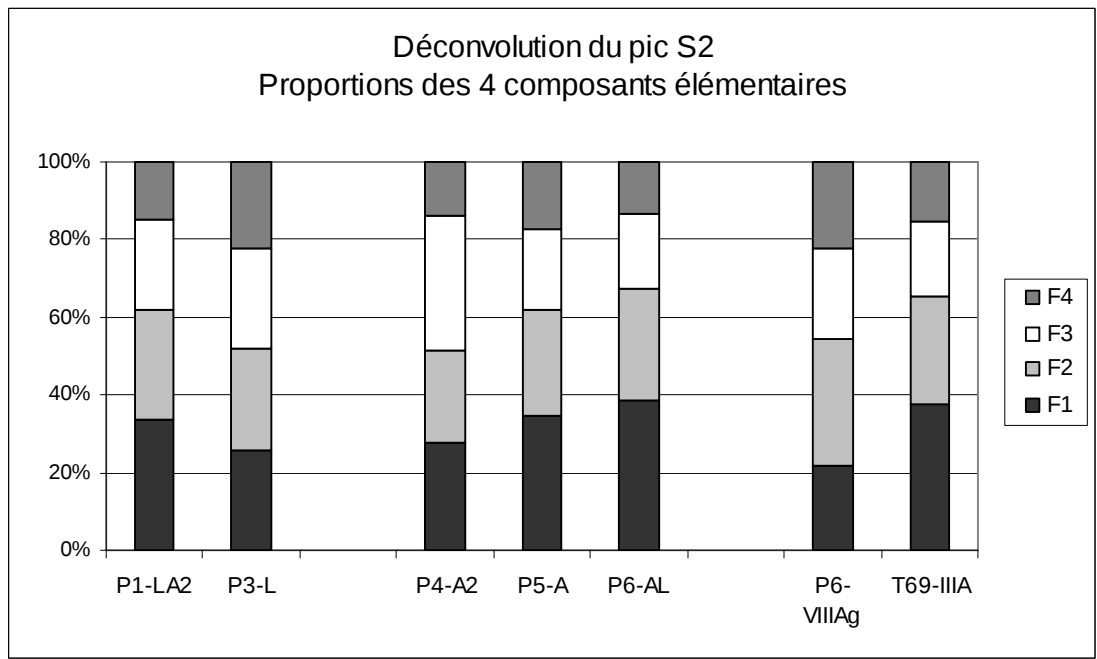
Evolution des textures en fonction de la profondeur (sur le total des argiles, limons et sables, annexe 4.11).

Evolution des éléments grossiers en fonction de la profondeur (sur le total des argiles, limons, sables et grossiers, annexe 4.11).

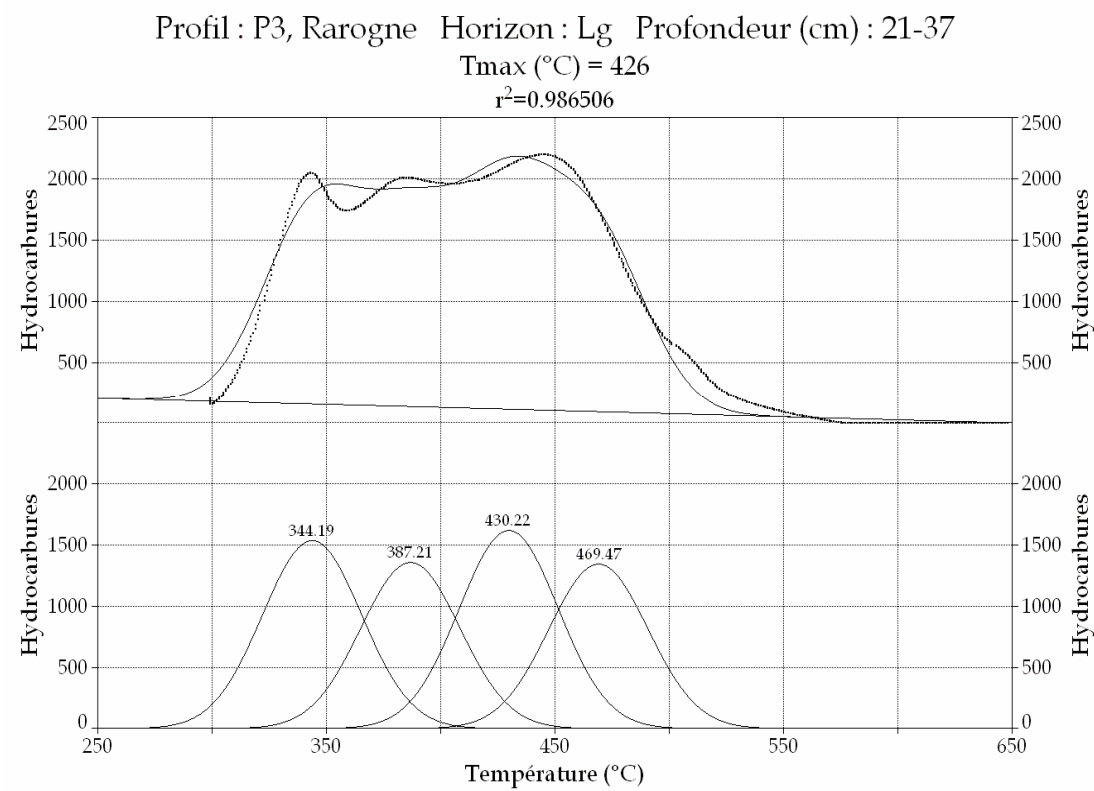
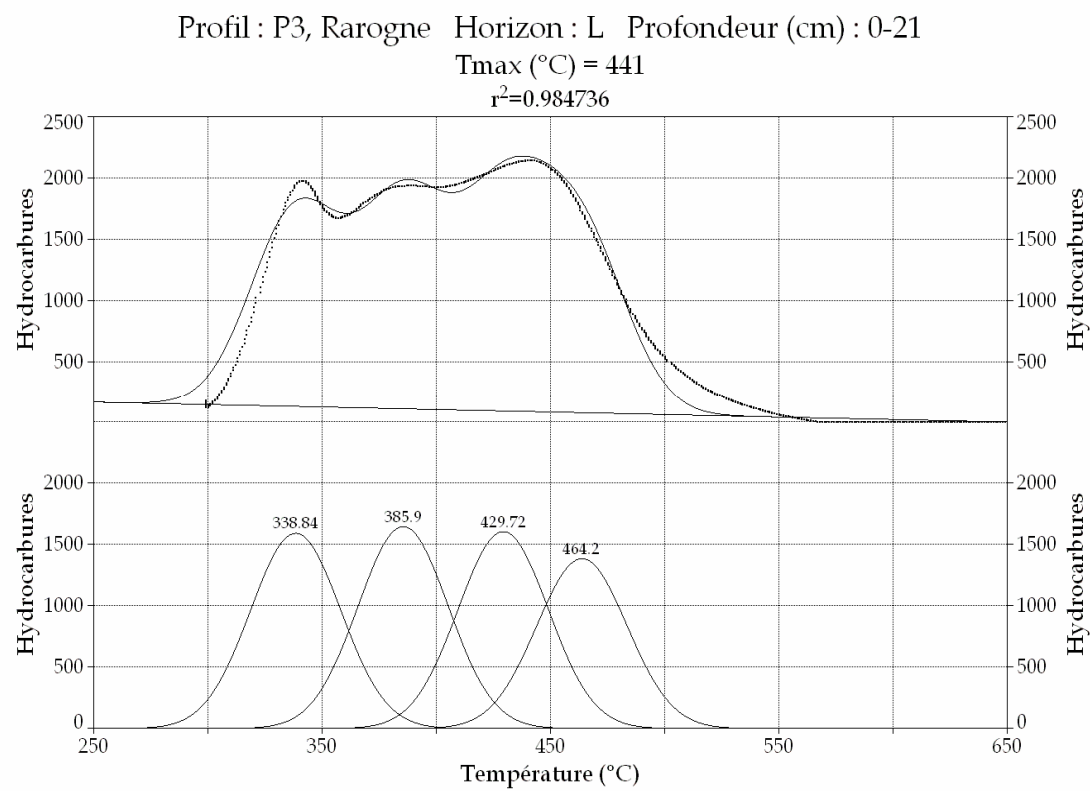
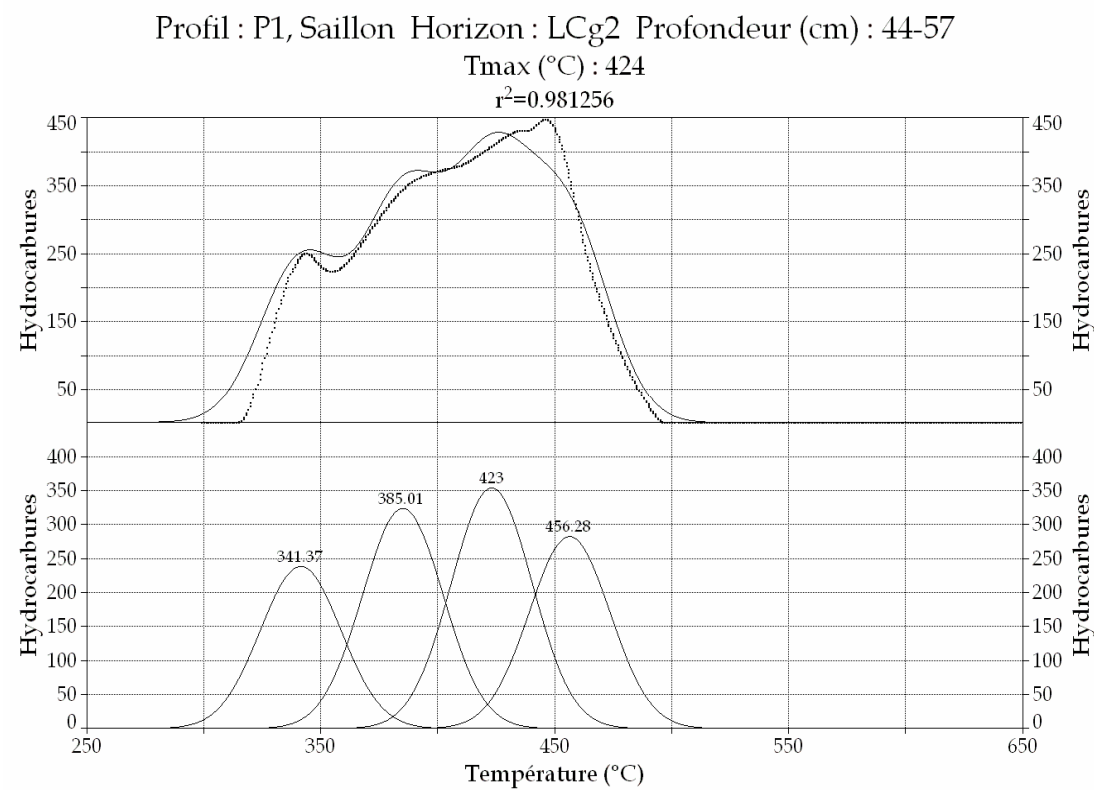
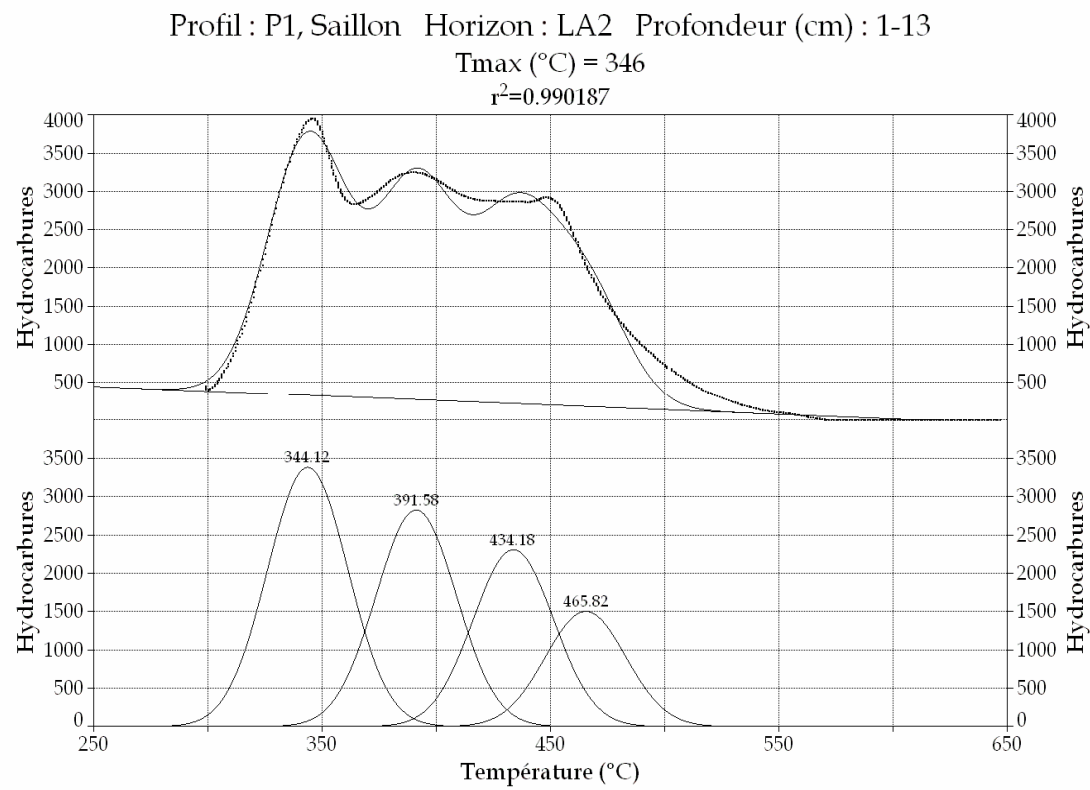
ANNEXE 5. ANALYSES DE LA MATIERE ORGANIQUE

Annexe 5.1. Résultats de la granulométrie organo-minérale par tamisage humide. Au bas de la page se trouvent les résultats de la déconvolution du pic S2 ainsi que les résultats de la perte au feu pour les mêmes échantillons

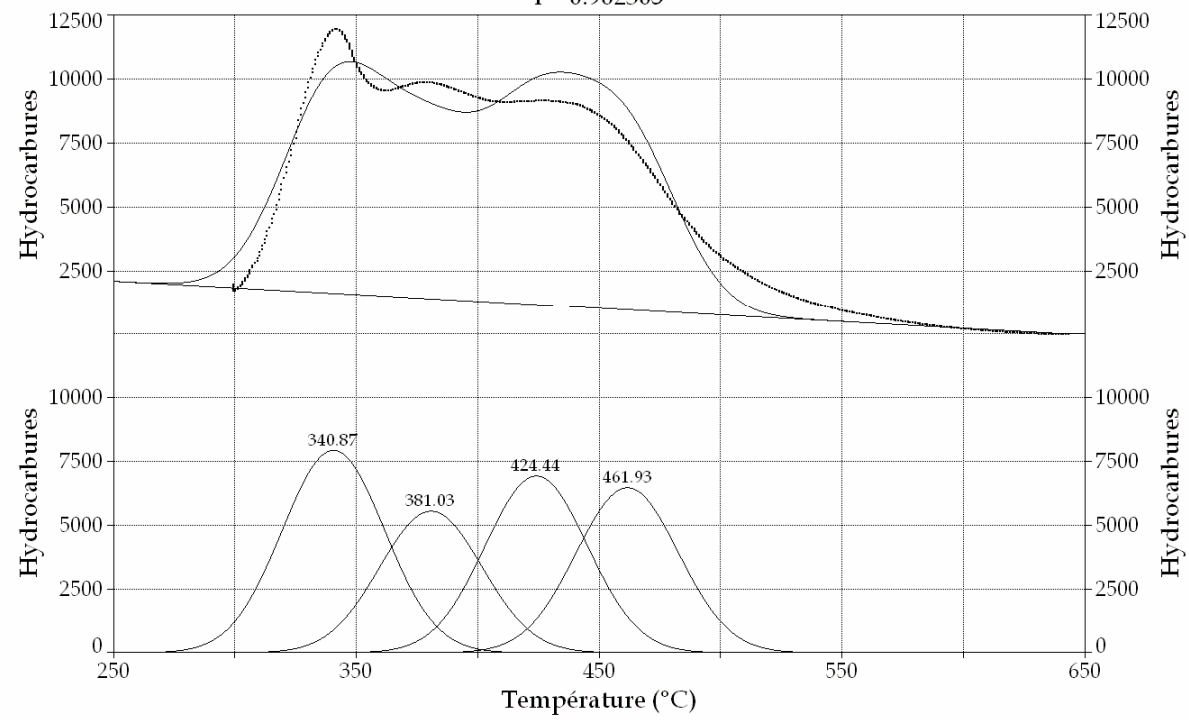
Profil	Horizon	Corg (%)	Corg (mg/g de sol)	Fractions granulométriques Corg de la fraction (%)					Fractions granulométriques (mgCorg/g de fraction) / (mCorg/g de sol)				
				2000-200µm	200-100µm	100-50µm	50-5µm	5-0µm	2000-200µm	200-100µm	100-50µm	50-5µm	5-0µm
P1	LA2	1.94	19.4	0.70	0.79	1.32	3.81	10.11	7.04/1.03	7.98/ 2.90	13.27/ 2.37	38.2/ 11.47	101.12/ 1.15
P3	L	1.39	13.9	11.53	3.87	1.57	1.39	2.93	115.33/ 0.70	38.75/ 3.70	15.73/ 4.32	13.92/ 8.58	29.39/ 0.21
	IICg	0.12	1.2	0.23	0.19	0.1	0.13	1.20	2.39/ 0.12	1.99/ 0.23	0.96/ 0.33	1.33/ 0.64	12.03/ 0.06
P4	A2	1.41	14.1	0.92	1.50	1.61	2.28	3.58	9.26/ 0.48	15.06/ 2.26	16.17/ 3.21	22.84/ 12.98	35.75/ 1.15
P5	A	4.81	48.1	2.36	4.49	6.31	11.69	22.47	23.69/ 9.07	44.94/ 15.96	63.11/ 8.12	116.96/ 15.33	224.74/ 0.58
P6	AL	3.32	33.2	4.03	2.70	2.12	3.95	6.87	40.37/ 5.47	27.01/ 6.79	21.27/ 4.54	39.53/ 15.47	68.73/ 0.58
	VIAG	0.4	4	0.03	0.24	0.45	1.01	2.04	0.39/ 0.17	2.46/ 0.53	4.50/ 0.59	10.08/ 1.96	20.45/ 0.42
	VIIIAg	2.9	29	26.3	3.38	1.32	1.75	3.29	263.02/ 9.13	33.81/ 9.35	13.29/ 3.53	17.54/ 7.16	32.95/ 0.50
T69	IIIA	6.39	63.9	7.42	7.3	7.71	8.93	17.76	74.27/ 34.78	73.04/ 16.44	77.10/ 10.51	89.37/ 14.81	177.64/ 0.81



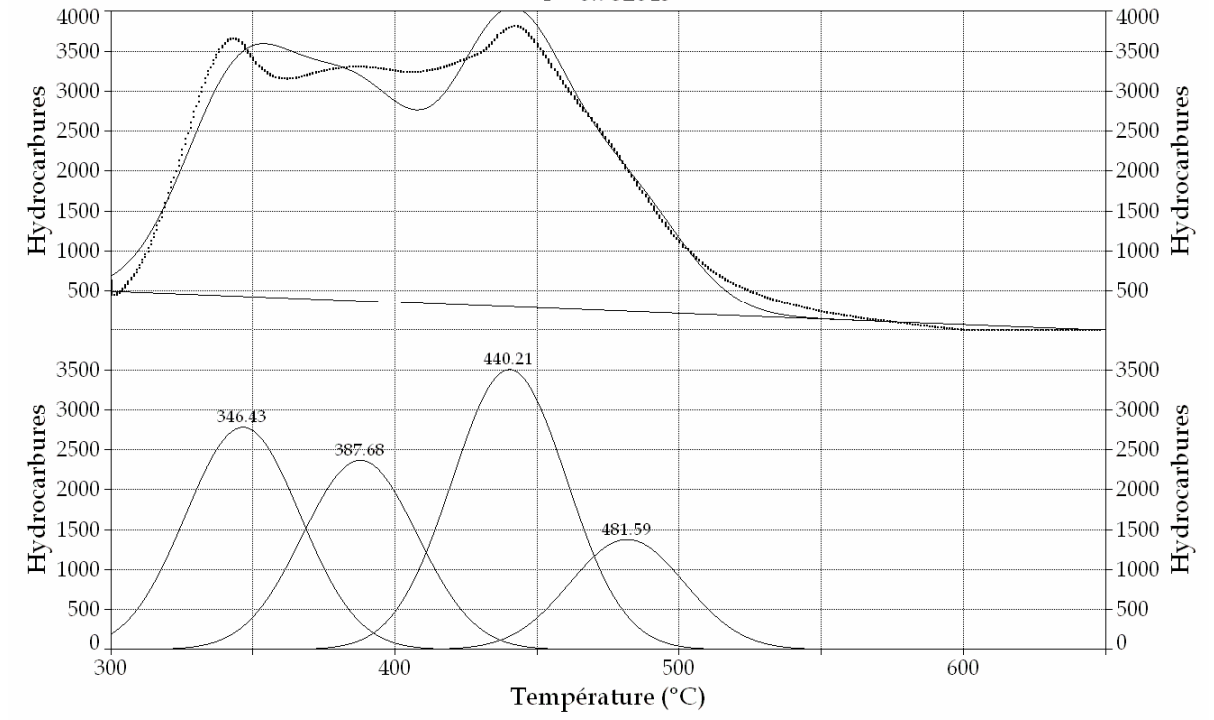
Annexe 5.2. Graphiques des émissions d'hydrocarbures ainsi que de la déconvolution des pics S2



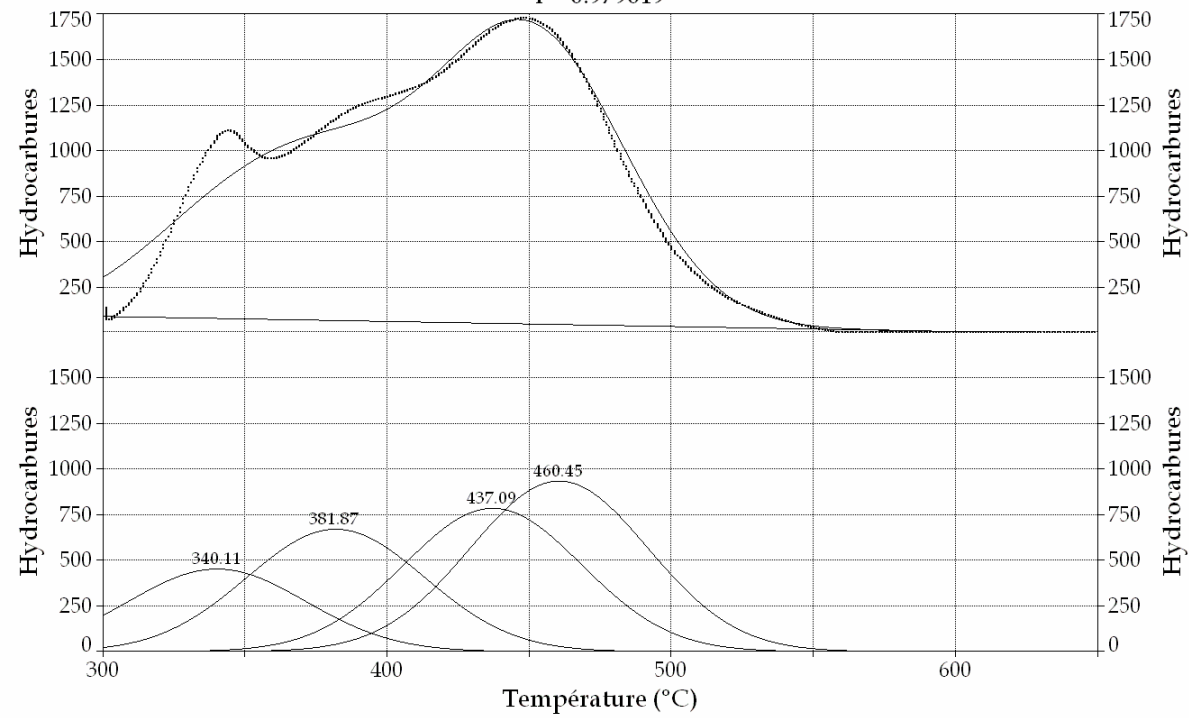
Profil : P4, Tourtemagne Horizon : A1 Profondeur (cm) : 0-1.5
Tmax (°C) = 327
 $r^2=0.962305$



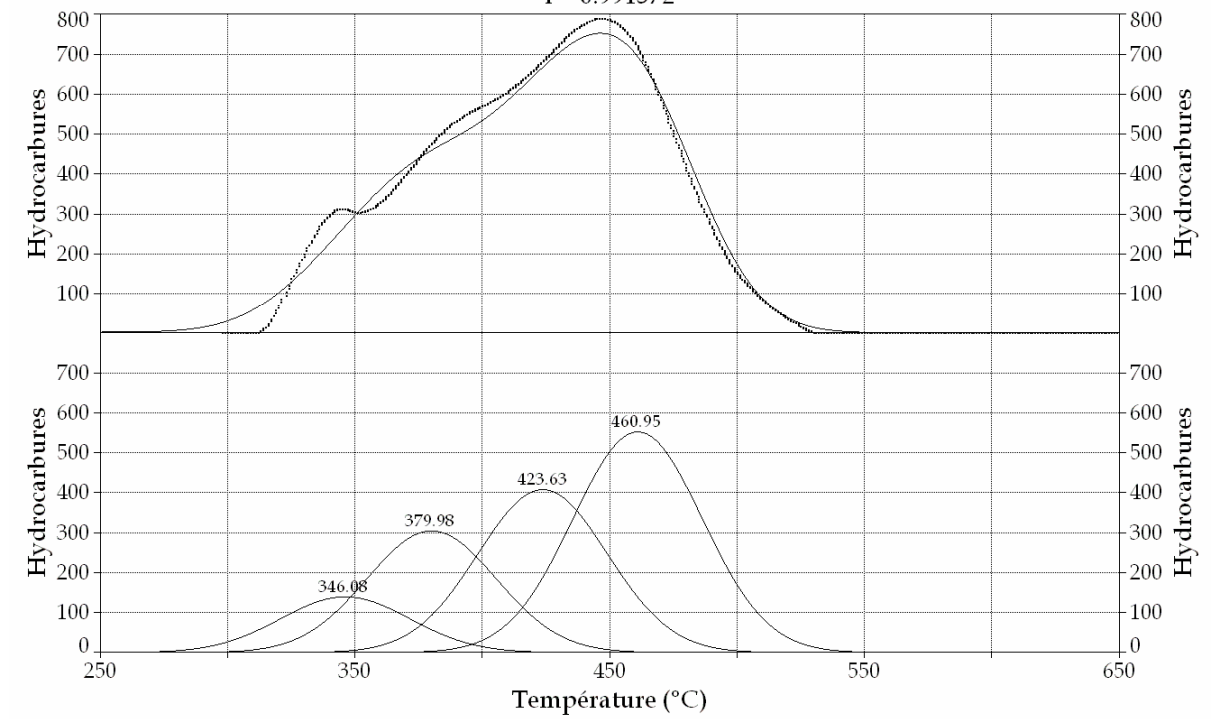
Profil : P4, Tourtemagne Horizon : A2 Profondeur (cm) : 1.5-6.5
Tmax (°C) = 428
 $r^2=0.982645$



Profil : P4, Tourtemagne Horizon : S Profondeur (cm) : 6.5-20
Tmax (°C) = 433
 $r^2=0.979619$



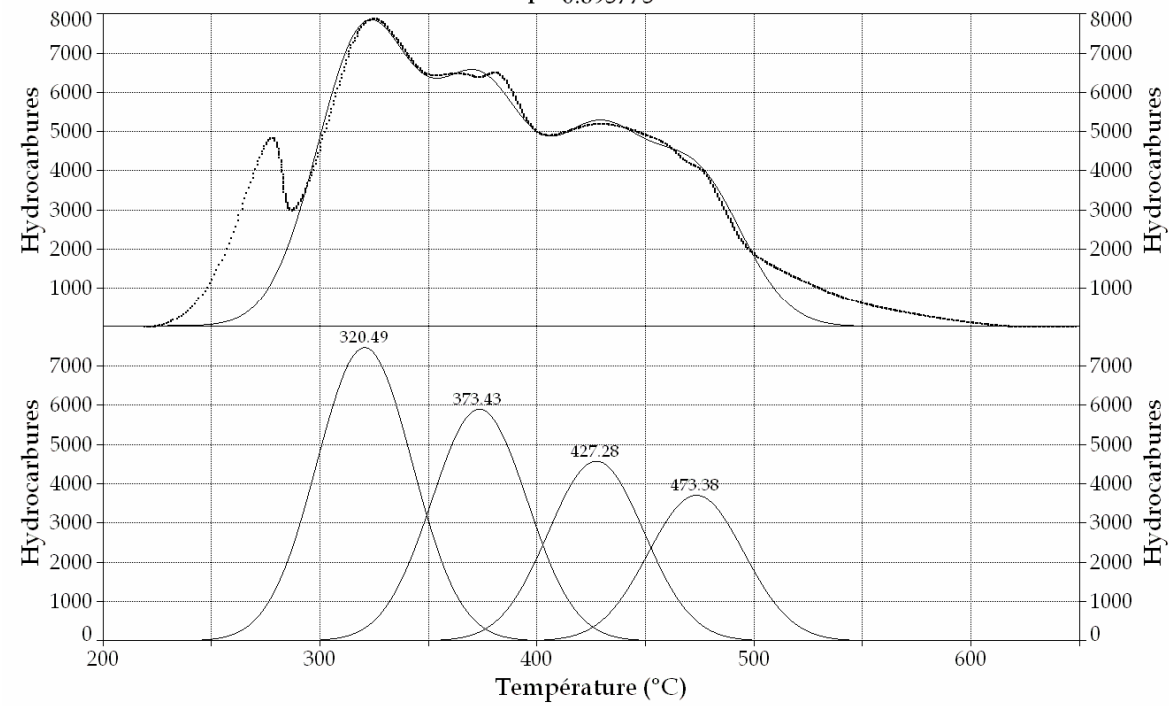
Profil : P4, Tourtemagne Horizon : Sg2 Profondeur (cm) : 32-38
Tmax (°C) = 430
 $r^2=0.991572$



Profil : P5, La Brèche, Sierre Horizon : A Profondeur (cm) : 0-13

Tmax (°C) = 325

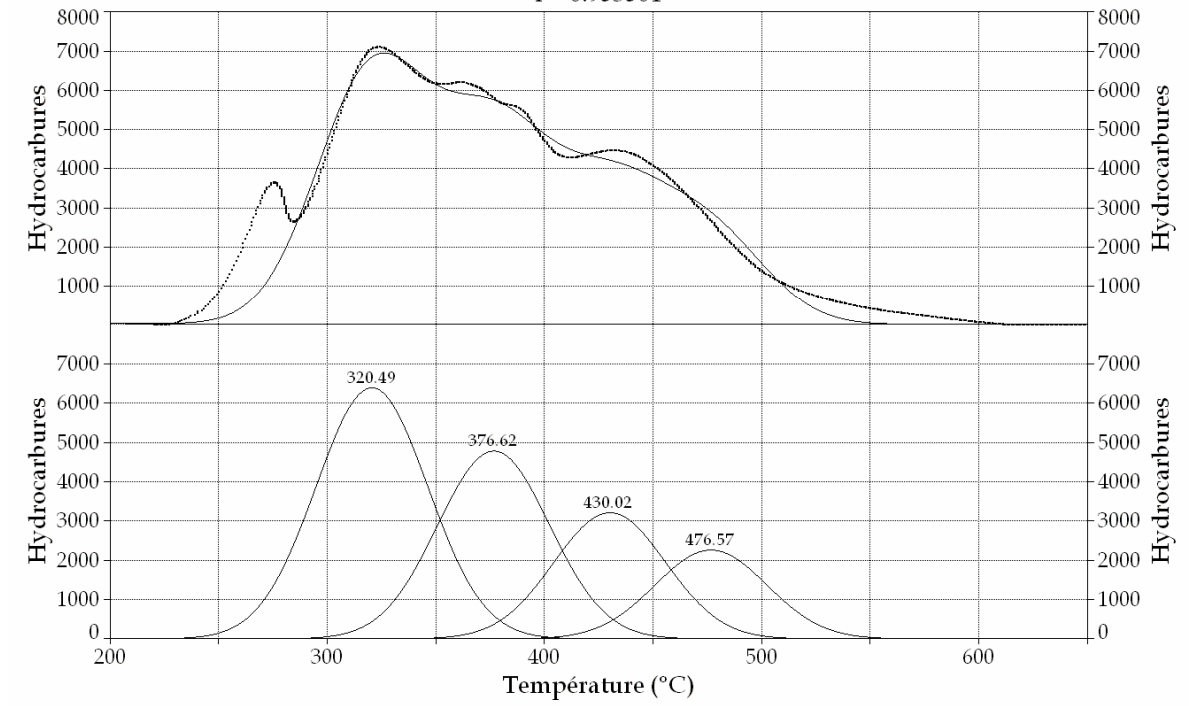
$r^2=0.895775$



Profil : P6, Ferme des Îles, Martigny Horizon : AL Profondeur (cm) : 0-6

Tmax (°C) = 323

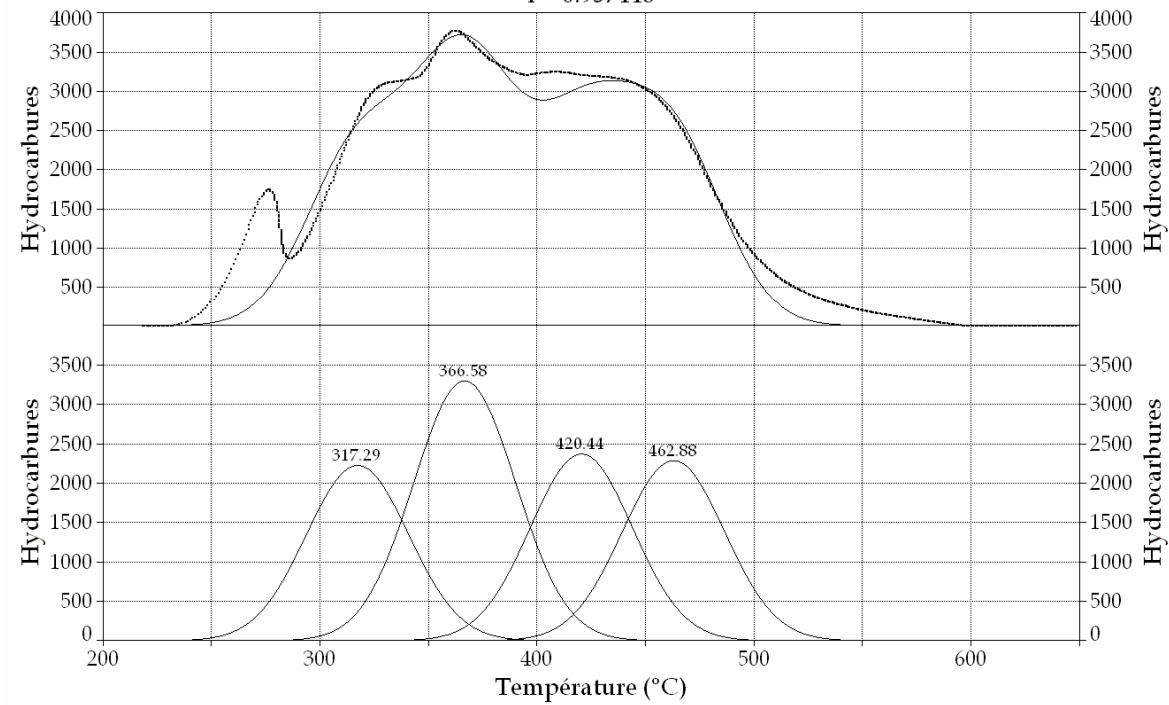
$r^2=0.953501$



Profil : P6, Ferme des Îles, Martigny Horizon : VIII Ag Profondeur (cm) : 175-187

Tmax (°C) = 362

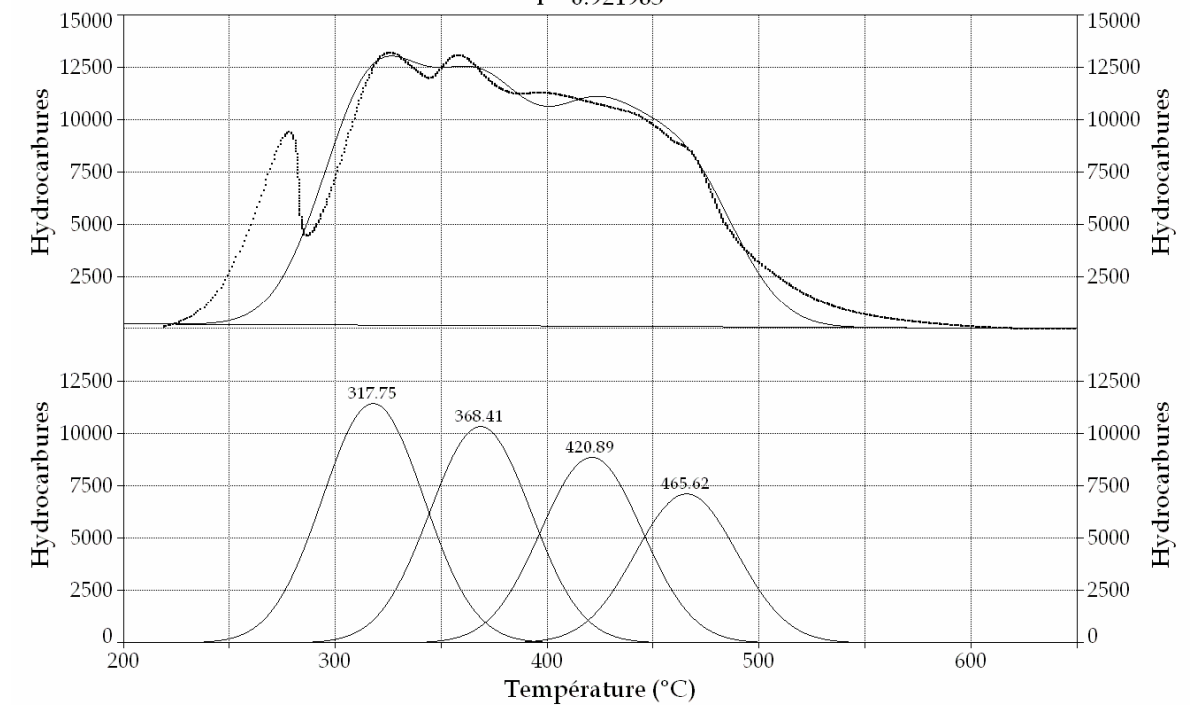
$r^2=0.957448$



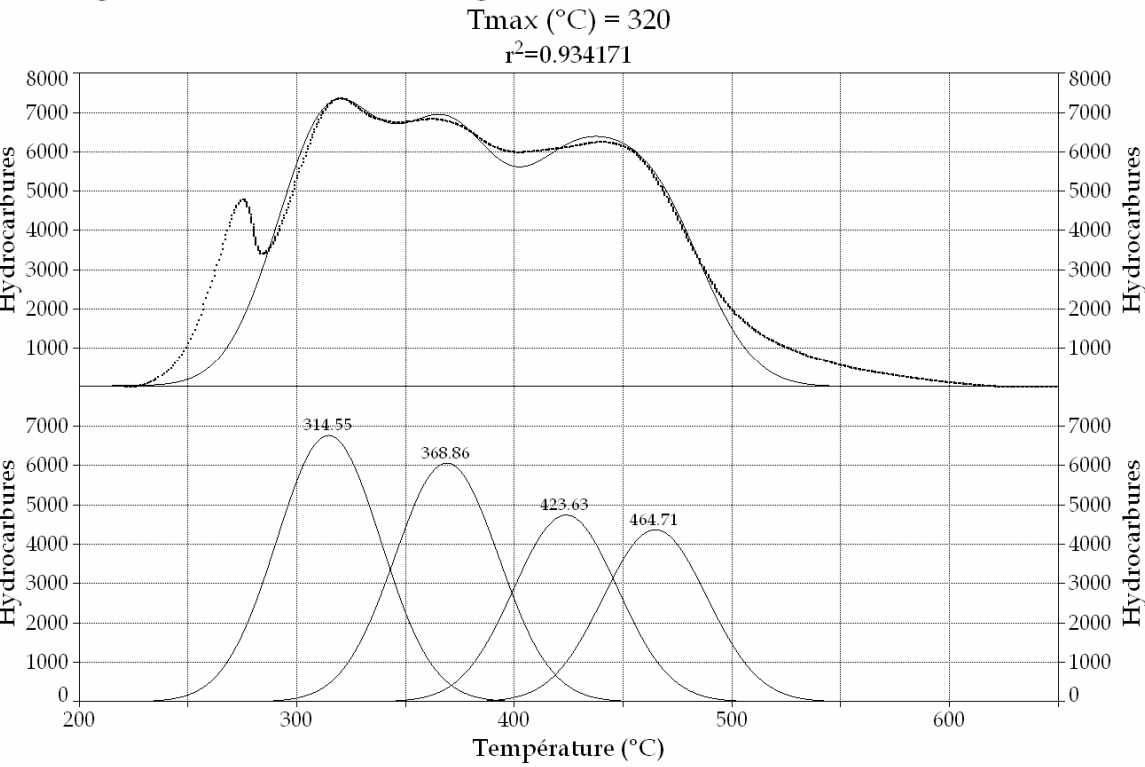
Sondage : T61, Bois de Finges Horizon : VIII A Profondeur (cm) : 83-87

Tmax (°C) = 326

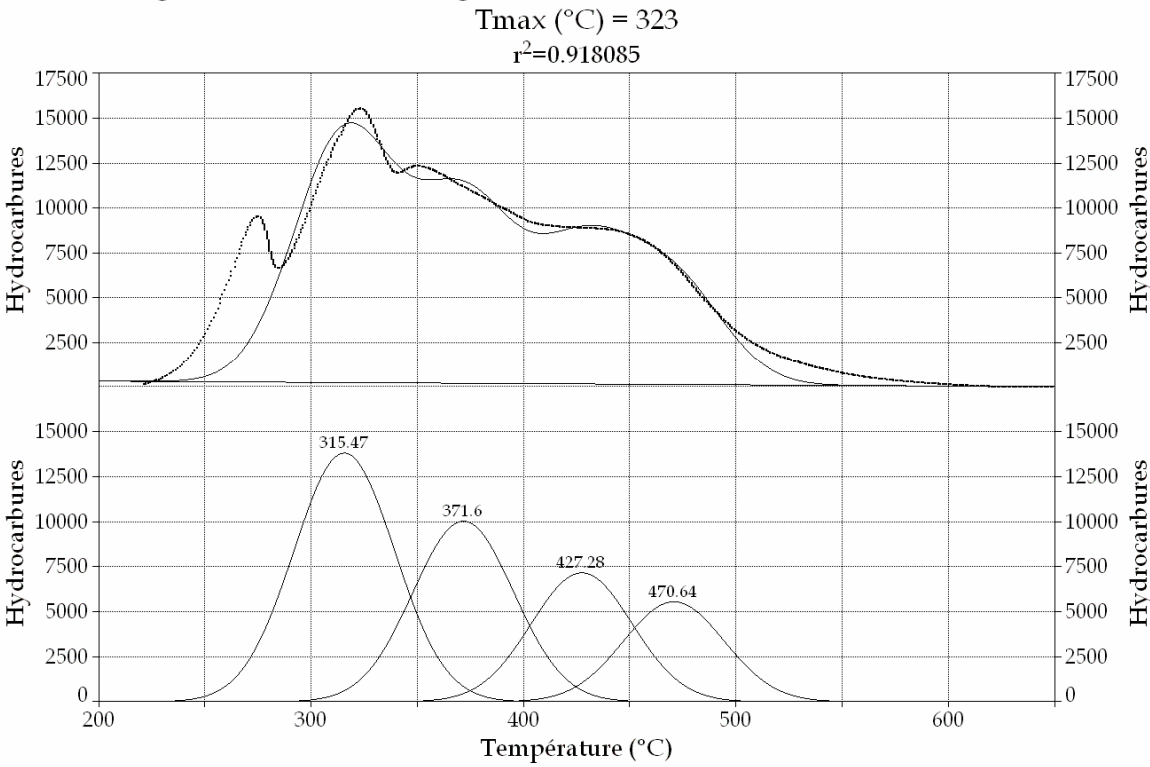
$r^2=0.921983$



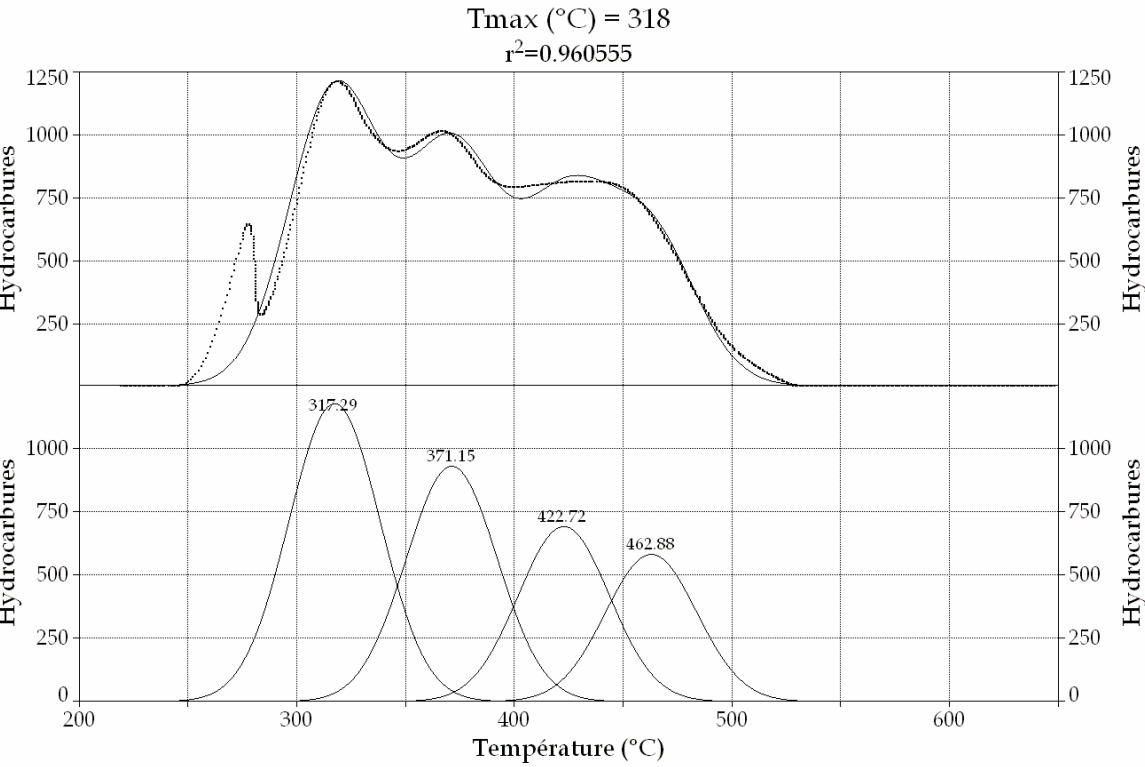
Sondage : T67, Zeiterbode, Selkingen Horizon : IIIH Profondeur (cm) : 47.5-64



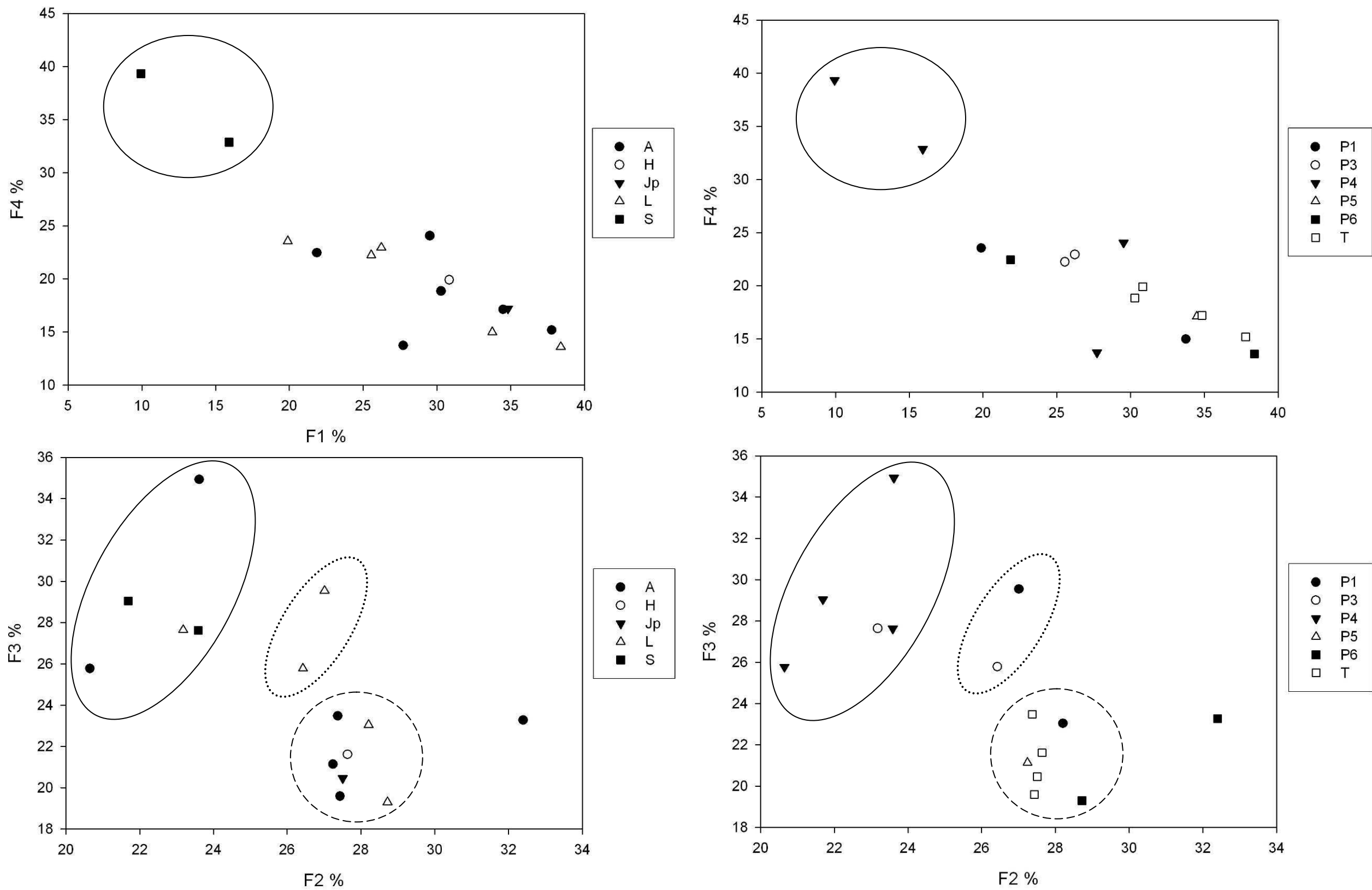
Sondage: T69, Matte, Selkingen Horizon : IIIA Profondeur (cm) : 12-15



Sondage: T69, Matte, Selkingen Horizon : IIIJp Profondeur (cm) : 15-24



Annexe 5.3. Projections des composantes élémentaires F1 à F4, obtenues par déconvolution du pic S2. Visualisation des échantillons (horizons et couches sédimentaires) selon leur Référence et selon le profil auquel ils appartiennent



ANNEXE 6. MICROMORPHOLOGIE

Annexe 6.1. Protocole pour la préparation de lames minces de sols sablo-limoneux

Sur le terrain

Prélever l'échantillon dans le profil de sol à l'aide d'une boîte de Kubiena (deux pièces d'aluminium emboîtées de 8 x 8 x 5.5 cm et 8.2 x 8.4 x 6 cm, appartenant au groupe de géodynamique externe).



Pour ce :

1. Introduire délicatement la pièce interne de la boîte dans le profil de sol. Pour un prélèvement facilité, découper doucement le tour de la boîte avec un couteau. Eviter les chocs contre la boîte afin de minimiser les artefacts et de préserver la boîte en bon état.
2. Une fois la pièce interne mise en place dans le sol, la sortir doucement en découpant plus largement au couteau dans le profil. Une fois la pièce détachée du profil, découper les parties de l'échantillon dépassant et l'emballer dans du papier cellophane. Vérifier que l'échantillon occupe bien tout l'espace, et combler les éventuels trous avec du papier cellophane. Emboîter la pièce interne dans la pièce externe et scotcher les deux solidement ensemble. Les emballer finalement dans un sachet zip en prenant soin d'en faire sortir un maximum d'air.
3. Stocker les échantillons au frais (5°C environ, mais sans les congeler!) le moins longtemps possible, toujours bien emballés, pour qu'ils conservent au maximum leur structure et leur humidité. Les échantillons contenant le moins de matière organique se conservent plus longtemps sous ces conditions.

Au laboratoire

Avant de pouvoir obtenir des lames minces, les échantillons de sol doivent être reconditionnés, congelés à l'azote liquide, lyophilisés puis indurés.

Reconditionnement :

1. Réserver une date avec le préparateur de lames minces (André Villard, géologie 1er étage, ou autre) pour la mise en résine (induration). 11 échantillons peuvent être indurés à la fois.
2. Réserver une autre date pour l'utilisation du lyophilisateur avec la personne qui en est responsable. La lyophilisation durant deux à trois jours (d'après le taux d'humidité de l'échantillon et de la puissance - l'âge - de la machine), il faut réserver le lyophilisateur

pour les deux jours précédant la mise en résine au moins. Il y en a un en microbiologie et un en mycologie.

3. Découper et mettre dans des boîtes transparentes de 2.6 x 3.1 x 1.5 cm si les échantillons ont été prélevés à l'aide de boîtes de Kubiena (aluminium). Y inscrire le nom et le sens de l'échantillon au stylo indélébile. Scotcher les couvercles sur les boîtes. Il est possible de prélever au maximum 4 petites boîtes transparentes par boîte de Kubiena prise sur le terrain (2 par face).

Congélation à l'azote liquide :

1. Aller chercher l'azote liquide (environ 2 L) au magasin de chimie dans un thermos approprié. Attention, ne pas fermer le récipient contenant l'azote liquide, sous peine d'explosion !
2. Mettre les petites boîtes transparentes fermées dans le fonds d'une boîte en sagex en ayant soin d'indiquer le nom de l'échantillon au feutre indélébile directement sur la boîte et non sur un scotch ou une étiquette.
3. Ensuite mettre par-dessus des bouteilles en plastique remplies d'eau aux $\frac{3}{4}$ (pas plus, l'eau contenue dans les bouteilles gèlera au contact de l'azote liquide) pour bien caler les boîtes contenant le sol, sinon elles flotteront lorsque l'azote sera versé dessus.
4. Verser l'azote dans la boîte et laisser 5-10 minutes jusqu'à totale évaporation du liquide. Des bruits normaux de craquement (formation de glace) et projections se produisent lors du processus.

Lyophilisation et induration :

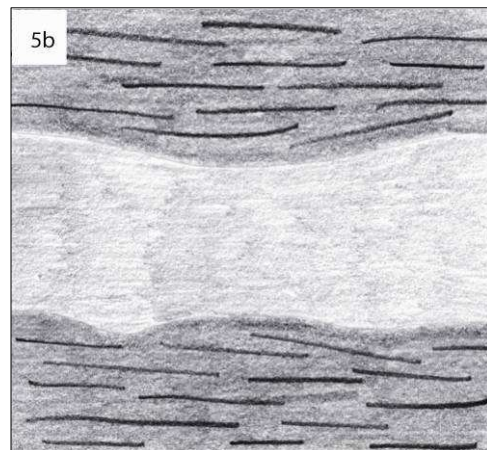
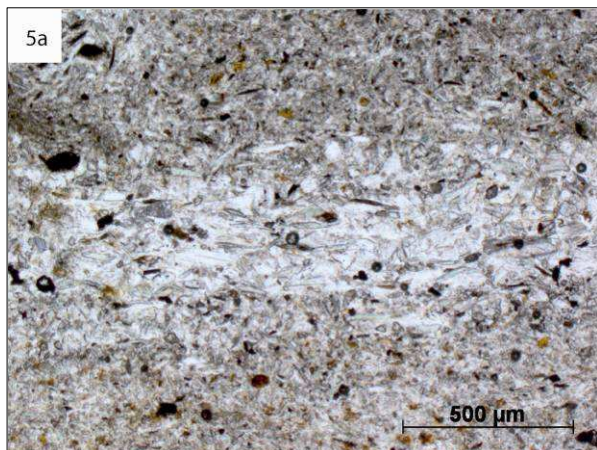
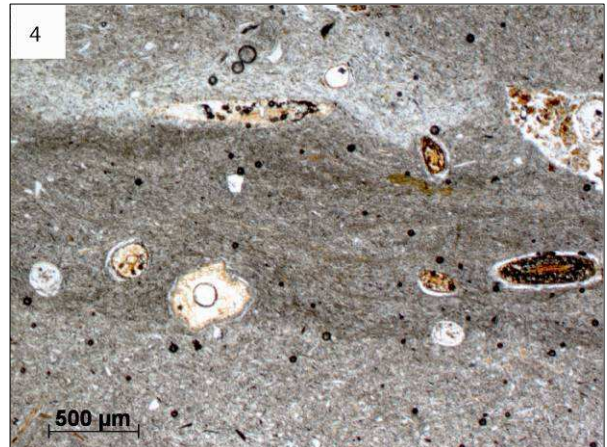
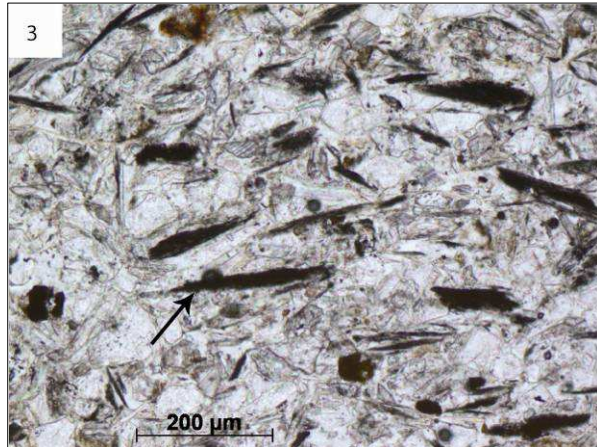
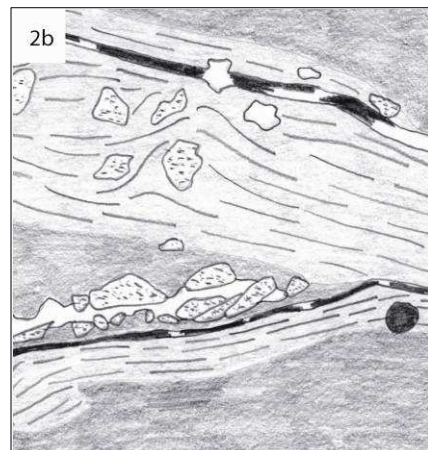
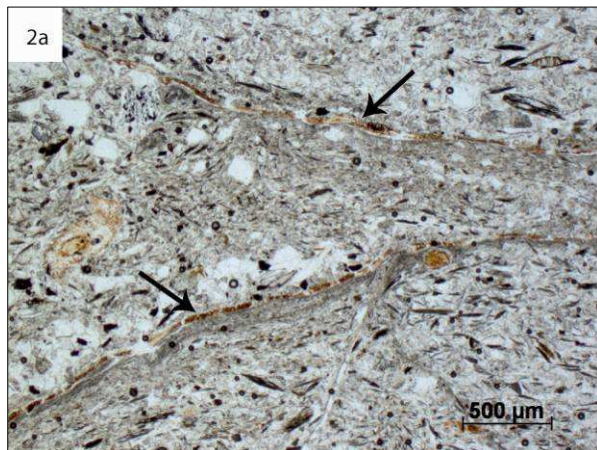
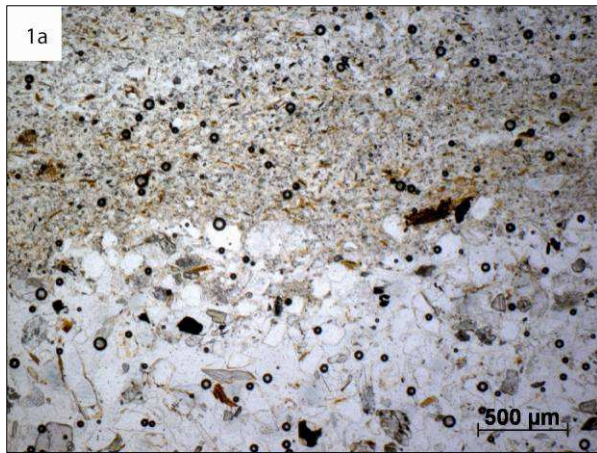
1. Allumer le lyophilisateur une demi-heure à l'avance le temps qu'il refroidisse (-40°C). La marche à suivre se trouve à côté de la machine.
2. Transférer les boîtes au plus vite dans le lyophilisateur auparavant préparé. Les y laisser deux à trois jours environ.
3. Une fois la lyophilisation terminée, conserver le sol dans un dessiccateur juste le temps de transférer les échantillons au préparateur de lames minces. Les échantillons lyophilisés sont supposés se conserver une semaine dans un dessiccateur.
4. Eteindre et nettoyer le lyophilisateur (marche à suivre à côté de la machine).
5. De plus, en apportant les échantillons, il faut préparer des étiquettes de la taille de la boîte sur une feuille A4 non découpée avec le nom et l'orientation de chaque l'échantillon (flèche pour le haut par exemple). En effet, les produits d'induration dissolvent les inscriptions au feutre indélébile et au stylo faites auparavant sur les boîtes. L'étiquette sera indurée avec l'échantillon.
6. Attention, plus l'échantillon est argileux plus il est imperméable, et donc long à lyophiliser. Si une lame n'est pas bien sèche, la résine ne pénètre pas au centre lors de l'induration et quand le préparateur les coupe, ce qui n'a pas été enrésiné est écrasé et l'échantillon est détruit.

Remarques :

1. Les échantillons solides n'ont pas besoin d'être mis dans une boîte, on peut les donner tels quels, découpés aux dimensions appropriées. Cela permet également une économie de matériel.
2. Faire faire un minimum de lames minces de sol à indurer, car elles prennent trois fois plus de temps à préparer que les lames minces conventionnelles!
3. Si les échantillons sont des tourbes, la dessiccation n'est pas la même : il faut déshydrater à l'alcool, à l'acétone, comme en histologie.

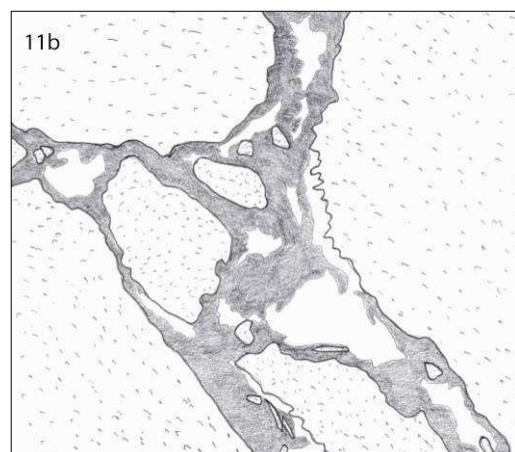
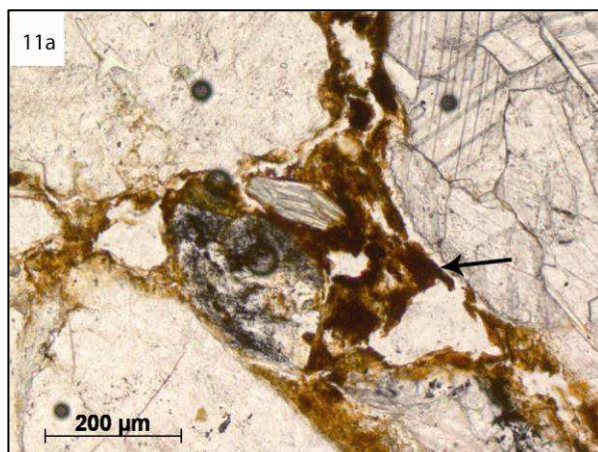
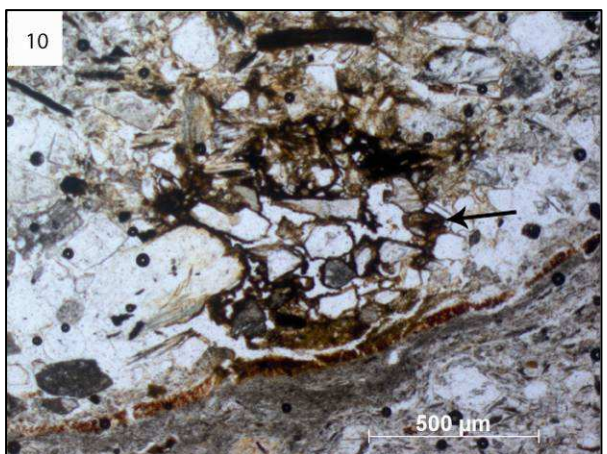
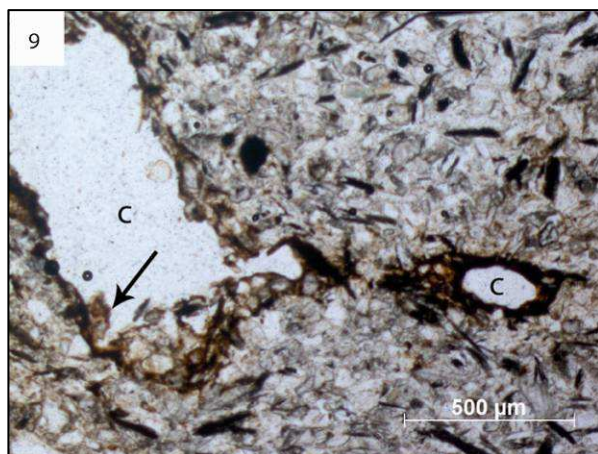
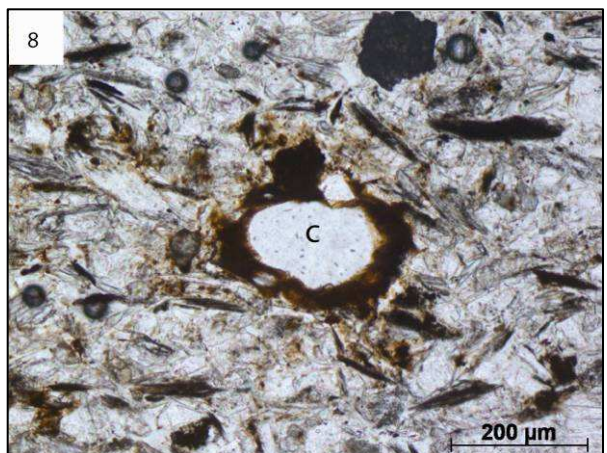
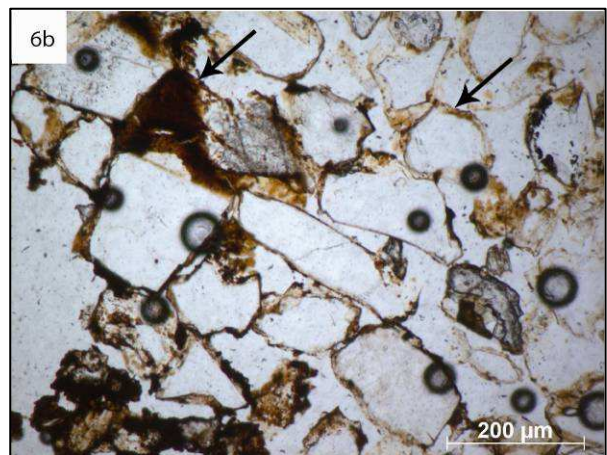
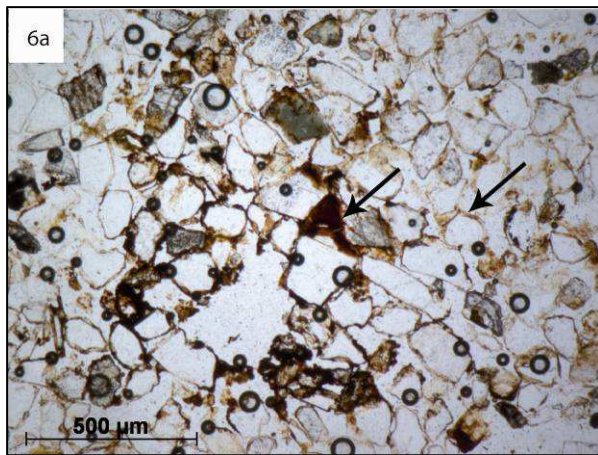
Annexe 6.2. Planche de photos. Microstructure et porosité

- Photo 1a. lame n° M/P4-54, profil P4, horizon XXXCg et XXXICg. Deux couches très distinctes d'après la taille des particules. Couche de grains minéraux de la taille des limons sur le haut de la lame, et couche de grains minéraux de la taille des sables sur le bas de la lame.
- Photo 1b. Même chose que la photo 1a mais en lumière polarisée. La taille des grains ressort très nettement (noir : vides ou MO).
- Photo 2a. lame n° M/P6-2, profil P6, horizon VICg et VIIC. Ségrégation des particules selon leur taille. Les grains minéraux fins se trouvent en-dessous de coupes de feuilles (flèches).
- Photo 2b. Schéma d'une partie de la photo 2a. Pointillé : grains minéraux grossiers ; gris foncé : grains minéraux de taille moyenne ; gris clair avec traits horizontaux : particules minérales fines orientées selon le sens des traits ; noir : matériel organique ; blanc : vide.
- Photo 3. lame n° M/P6-2, profil P6, horizon VICg et VIIC. Particules minérales de la taille des sables et des limons. Spicules de graphite allongés, angulaires, orientés horizontalement (flèche).
- Photo 4. lame n° M/P6-7, profil P6, horizon VCg. Trois couches sont visibles d'après la couleur des particules. Les particules sont très fines, de la taille des limons et probablement de la taille des argiles mais ces dernières ne sont pas discernables à ce grossissement. Les particules minérales de la couche qui se trouve au centre sont orientées horizontalement.
- Photo 5a. lame n° M/P6-4, profil P6, horizon IVCg. Trois couches sont distinctes d'après la taille des particules minérales. Une couche de sable au milieu de la lame, entourée de deux couches de limons.
- Photo 5b. Schéma d'une partie de la photo 5a. Gris clair : couche de sable ; gris foncé avec traits horizontaux : couche de limon dont les particules sont orientées dans le sens des traits.

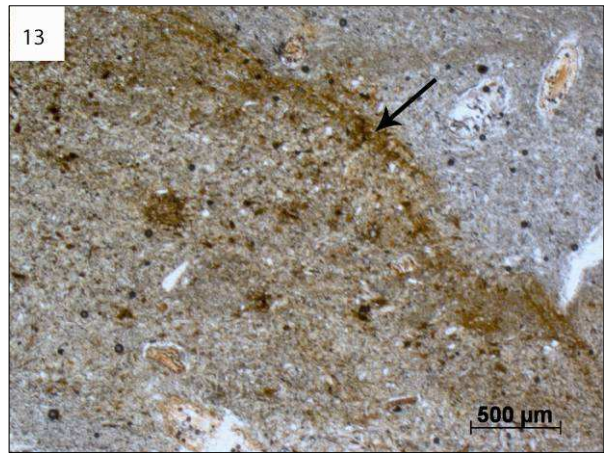
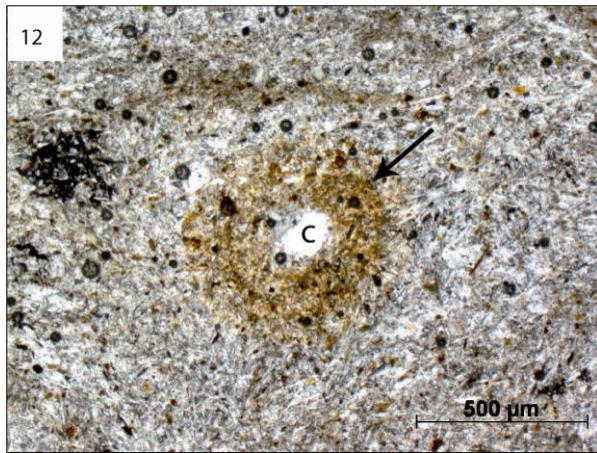


Annexe 6.3. Planche de photos. Dynamique de l'eau

- Photo 6a. Lame n° M//P4-54, profil P6, horizon XXXCg et XXXICg. Cutane d'oxy-, hydroxydes de fer sur les grains de sables (flèche de droite). Cette cutane peut être très épaisse et former un pont entre les grains à certains endroits, c'est-à-dire une distribution relative c/f géfuric (flèche de gauche).
- Photo 6b. Zoom sur une partie de la photo 6a.
- Photo 7. Même lame que la photo 6a et 6b. Légère cutane d'oxy-, hydroxydes de fer sur les grains de sable (flèche).
- Photo 8. Lame n° M/P6-2, profil P6, horizon VICg et VIIC. Hypocutane d'oxy-, hydroxydes de fer sur un chenal racinaire (c).
- Photo 9. Même lame que la photo 8. Hypocutane d'oxy-, hydroxydes de fer sur deux chenaux racinaires (c).
- Photo 10. Même lame que les photos 8 et 9. Cutane et imprégnation de la micromasse (flèche), composés d'oxy-, hydroxydes de fer, qui forment une tache de forme sphérique.
- Photo 11a. Lame n° M/P6-3, profil P6, horizon VIAg. Cutane d'oxy-, hydroxydes de fer qui forme un pont entre les grains de sable (flèche).
- Photo 11b. Schéma d'une partie de la photo 11a. Pointillé : grains minéraux ; gris : cutane d'oxy-, hydroxydes de fer ; blanc : vide.

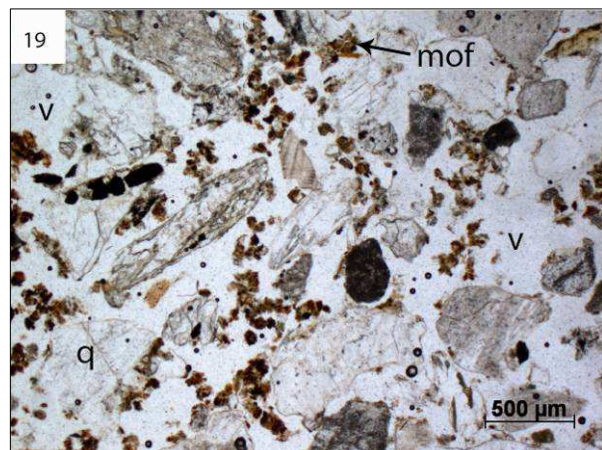
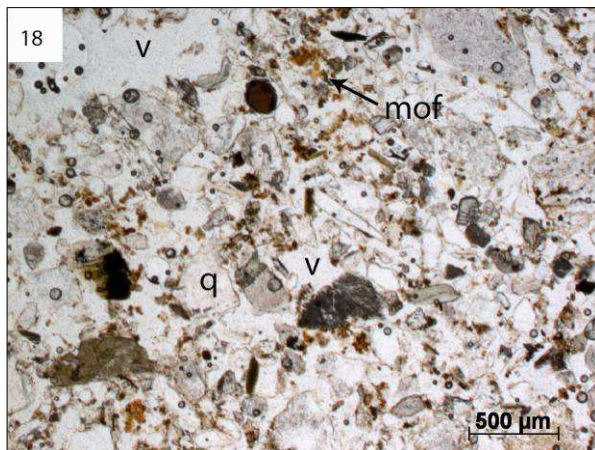
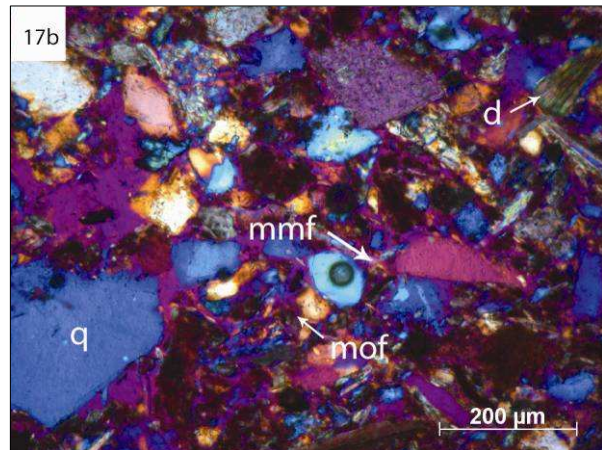
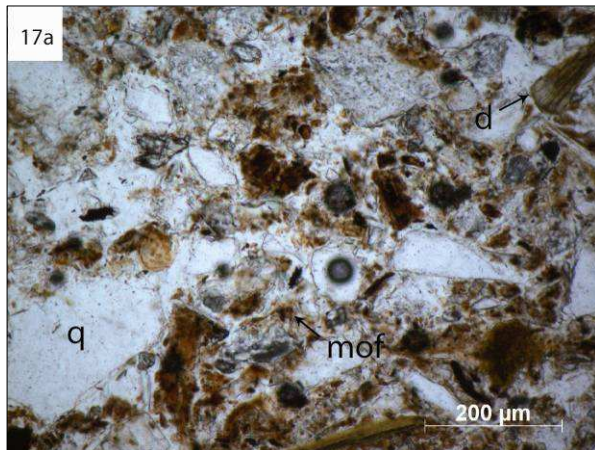
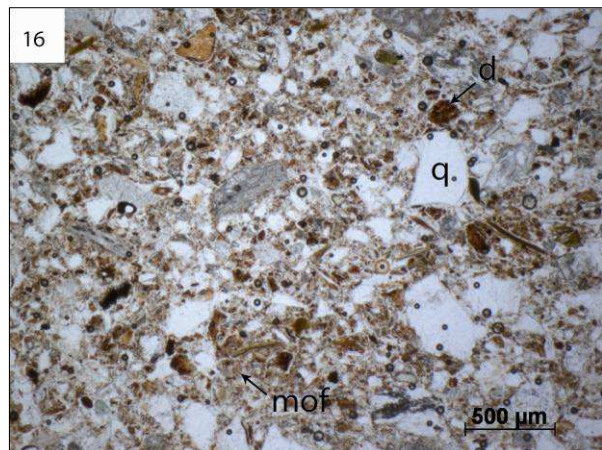
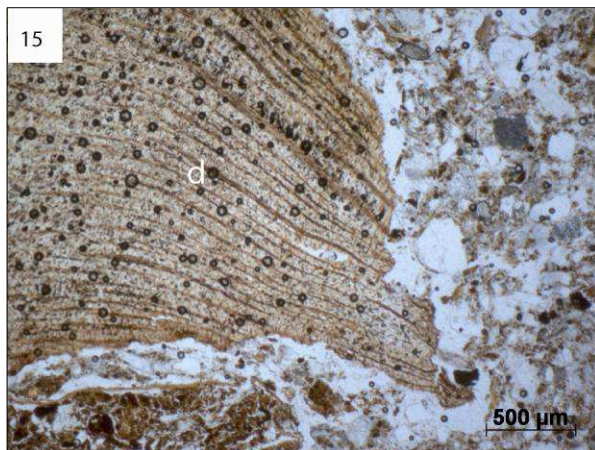
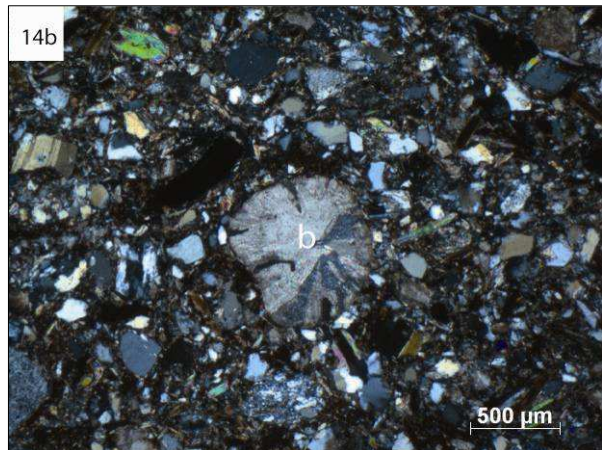
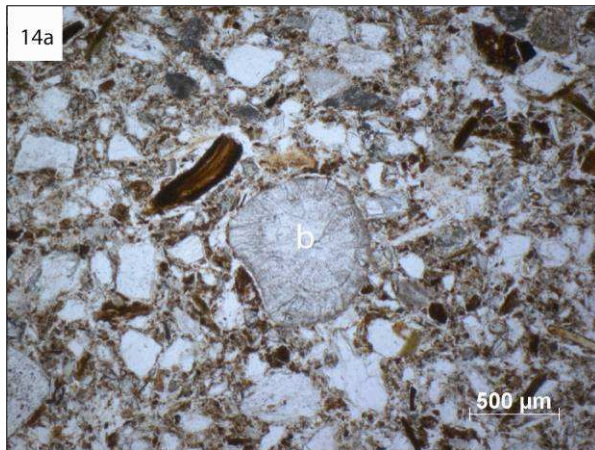


- Photo12. Lame n° M/P6-4, profil P6, horizon IVCg. Hypocutane d'oxy-, hydroxydes de fer autour d'un chenal racinaire (c).
- Photo 13. Lame n° M/P6-7, profil P6, horizon VCg. Imprégnation d'oxy-, hydroxydes de fer de la micromasse, ce qui forme une tache de couleur rouille (flèche).

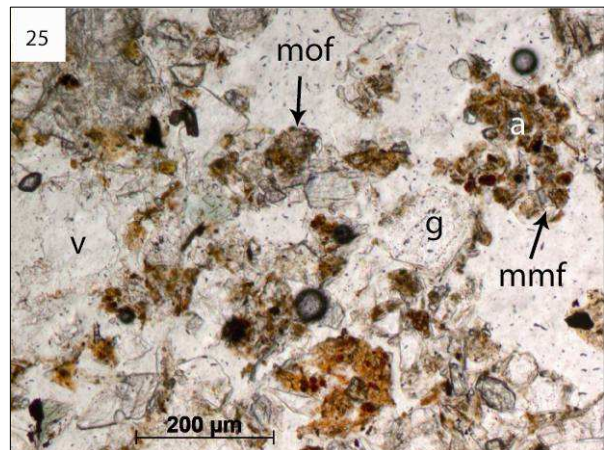
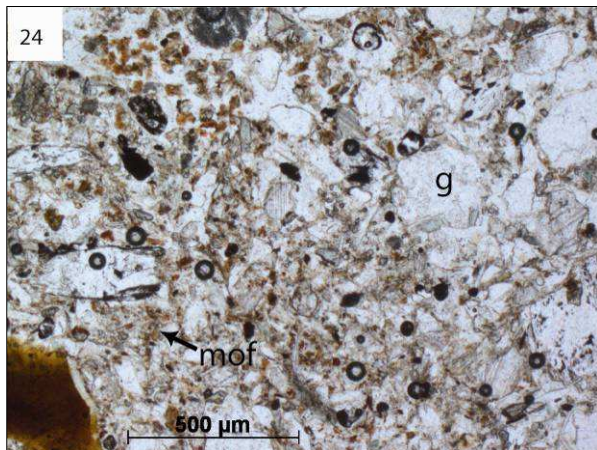
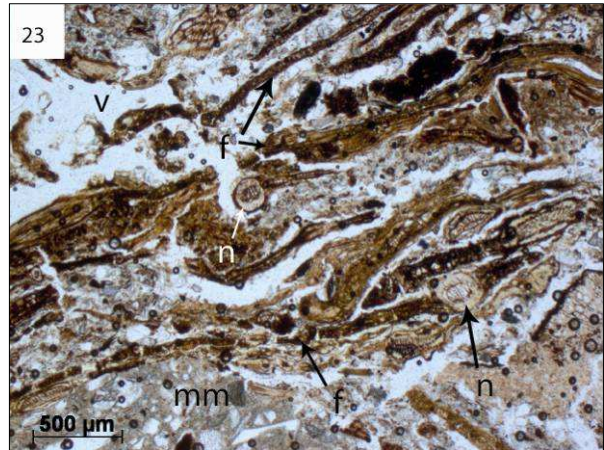
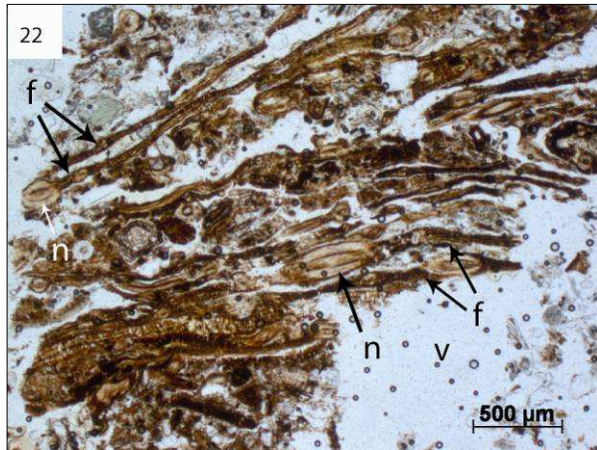
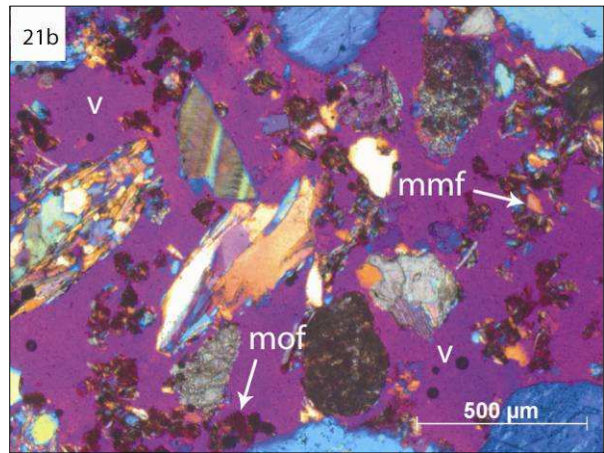
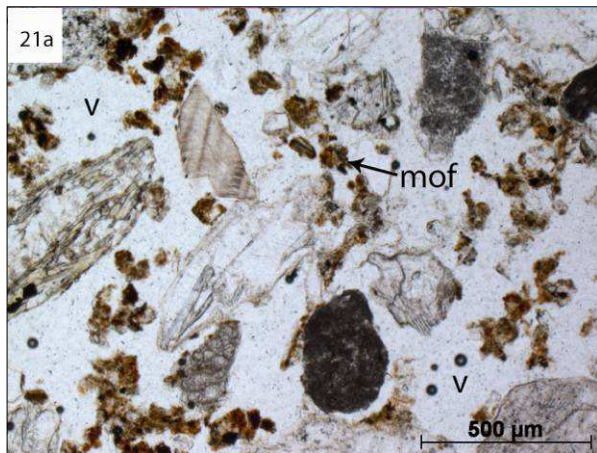
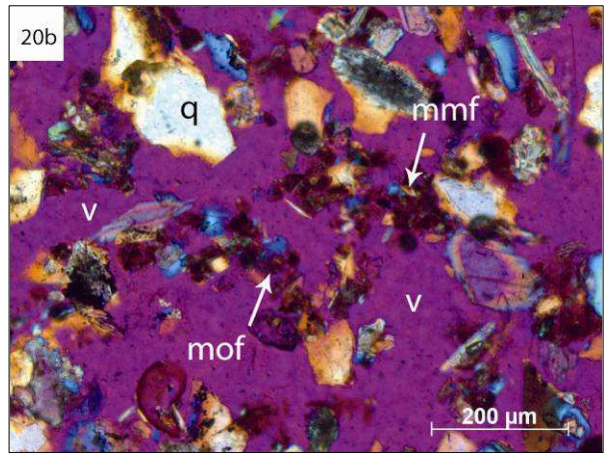
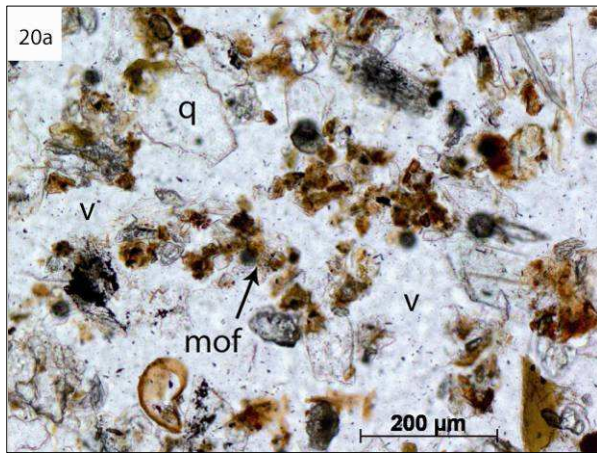


Annexe 6.4. Planche de photos. Agrégats et matériel organique grossier

- Photo 14a. lame n° M/P1-21, profil P1, horizon LA2. Microstructure microagrégée en intergrain avec un biosphéroïde (b) au centre. La croissance radiale des cristaux dans le biosphéroïde est bien visible.
- Photo 14b. Même chose que la photo 14a, en lumière polarisée.
- Photo 15. Même lame que photo 14a et 14b. Débris végétal grossier (d).
- Photo 16. Même lame que photo 14a, 14b, et 15. Microstructure microagrégée en intergrain à tendance massive. Grains de quartz (q), matériel organique fin (mof), débris végétal (d).
- Photo 17a. Même lame que photo 14a, 14b, 15 et 16. Détail de la photo 16. Grains de quartz (q), matériel organique fin (mof), débris végétal (d).
- Photo 17b. Même chose que photo 17a, en lumière polarisée avec la lame mica quart d'onde. Le mélange entre le matériel minéral fin et le matériel organique fin est bien visible. Grains de quartz (q), matériel organique fin (mof), débris végétal (d).
- Photo 18. lame n° M/P5-10, profil P5, horizon Js. Microstructure microagrégée en intergrain, lâche. Grains de quartz (q), matériel organique fin (mof), vide (v).
- Photo 19. lame n° M/P6-3, profil P6, horizon VI Ag. Même structure que la photo 18, mais les grains minéraux sont plus grossiers. Grains de quartz (q), matériel organique fin (mof), vide (v).

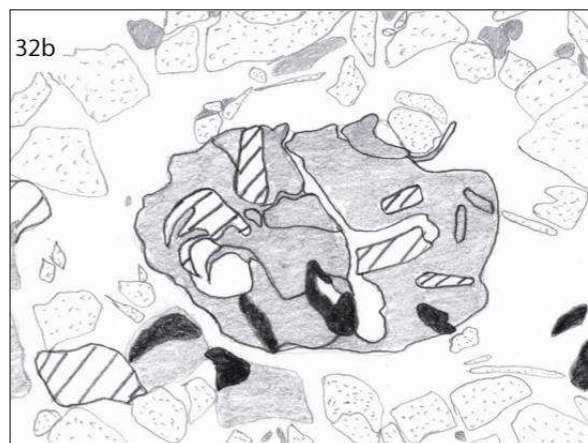
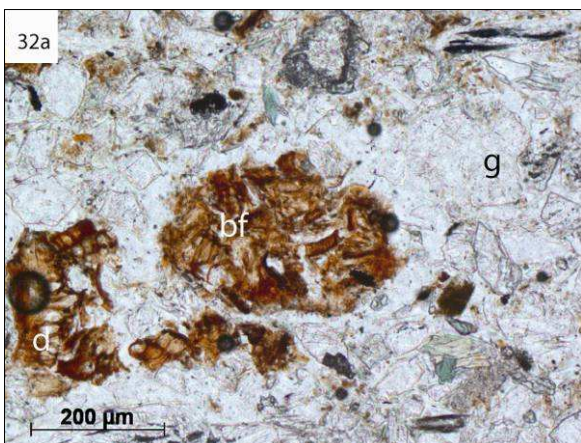
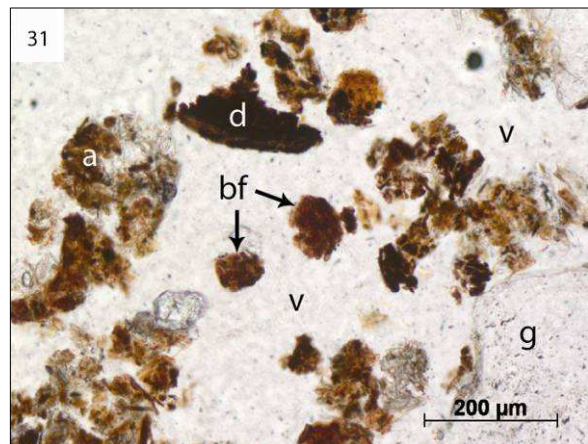
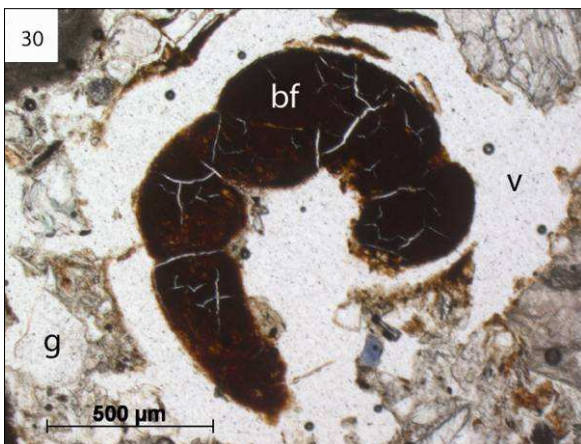
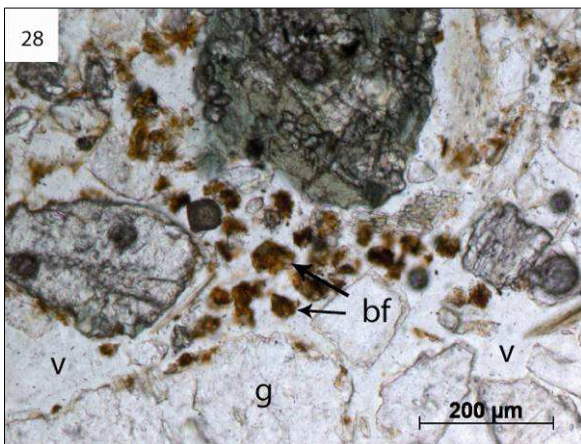
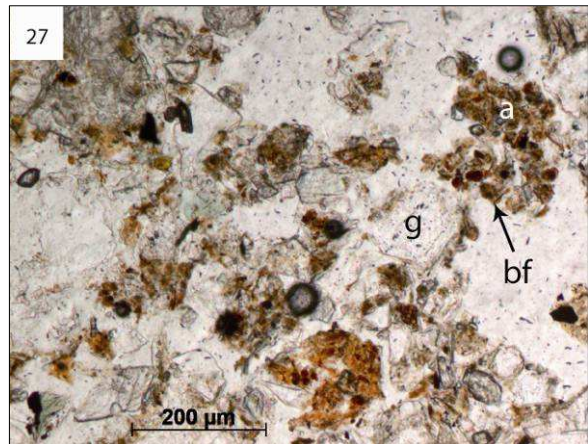
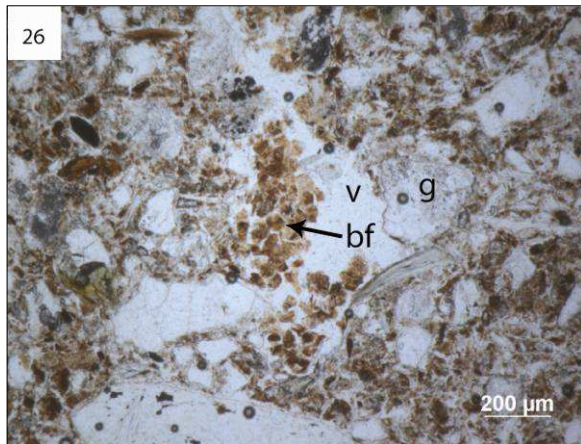


- Photo 20a. Lame n° M/ P5-10, profil P5, horizon Js. Détail de la photo 18. Grains de quartz (q), matériel organique fin (mof), vide (v).
- Photo 20b. Même chose que la photo 20a, en lumière polarisée avec la lame mica quart d'onde. Grains de quartz (q), matériel organique fin (mof), matériel minéral fin (mmf), vide (v).
- Photo 21a. Lame n° M/P6-3, profil P6, horizon VIAg. Détail de la photo 19. Matériel organique fin (mof), vide (v).
- Photo 21b. Même chose que la photo 21a, en lumière polarisée avec la lame mica quart d'onde. Matériel organique fin (mof), matériel minéral fin (mmf), vide (v).
- Photo 22. Lame n° M/P6-1, profil P6, horizon VIIIAg. Le matériel grossier forme la microstructure laminée de cet horizon. Il s'agit essentiellement de coupes de fragments de feuilles (f) dont la nervure centrale (n) est quelques fois visible. Vide (v).
- Photo 23. Même lame que la photo 22. Egaleme nt de nombreuses coupes de feuilles (f) dont la nervure centrale (n) est quelques fois visible. Matériel minéral (mm) inséré entre ces couches. Vides (v).
- Photo 24. Lame M/P6-6, profil P6, horizon ASL1. Microstructure microagrégée en intergrain à tendance massive, constituée de grains minéraux grossiers (g), de matériel organique fin (mof), et de matériel minéral fin moins bien visible à ce grossissement.
- Photo 25. Même lame que la photo 24. Détail de la microstructure, à un endroit où elle n'est pas massive. On distingue bien les vides (v), les grains de sable (g), et un agrégat organo-minéral (a) composé de matériel organique fin (mof) ainsi que de matériel minéral fin (mmf).

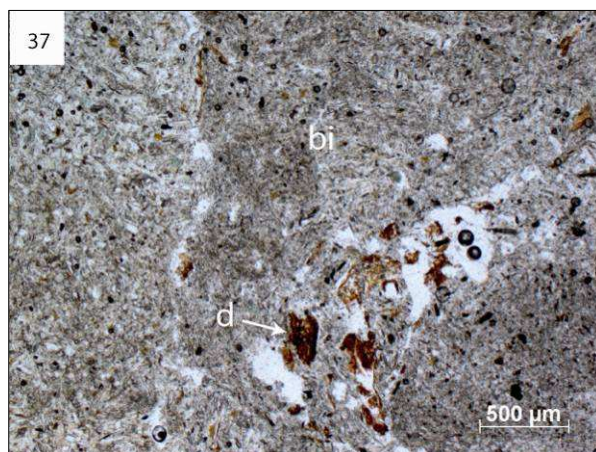
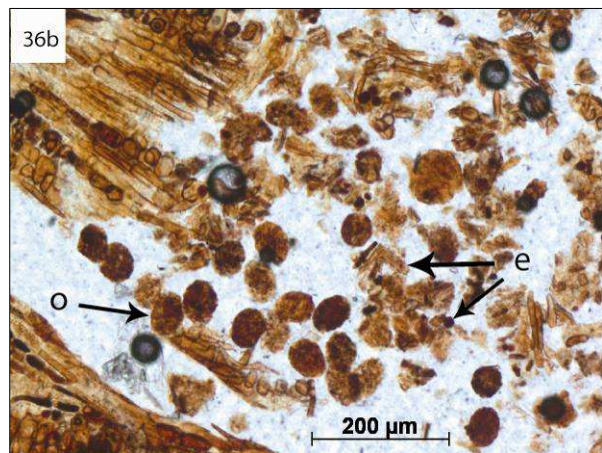
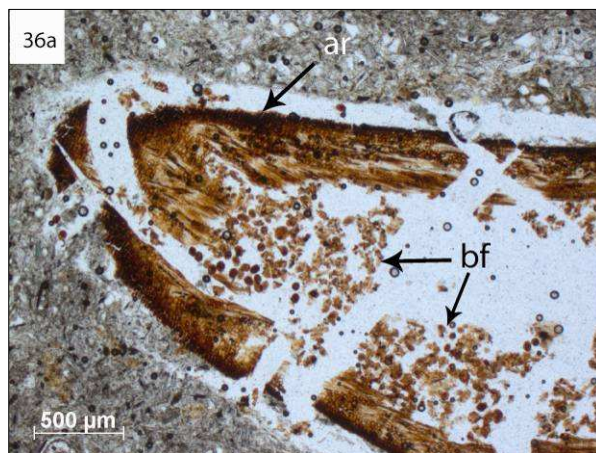
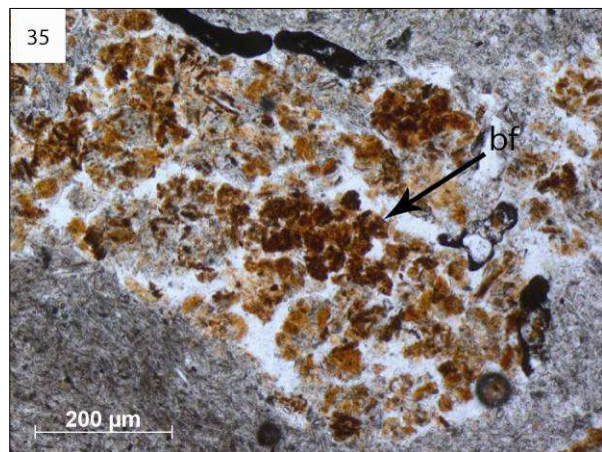
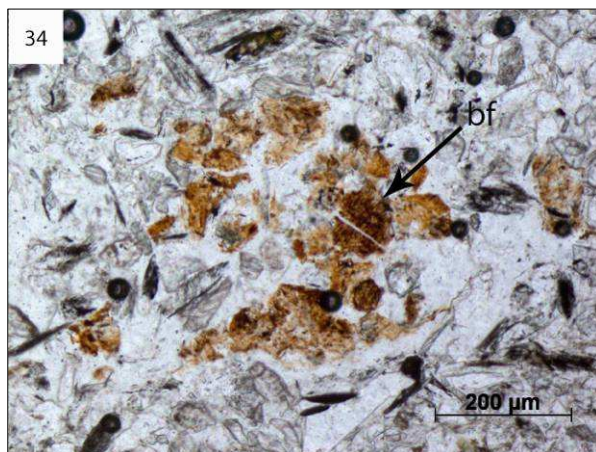
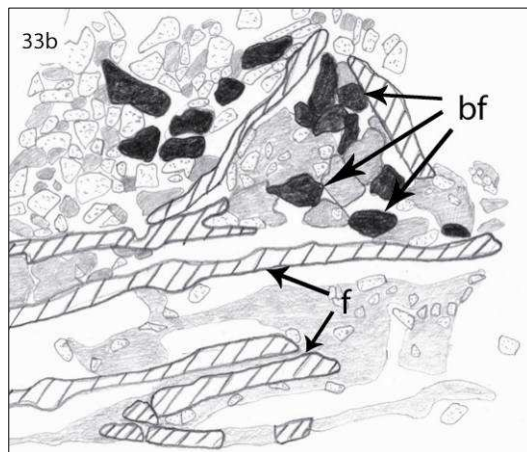
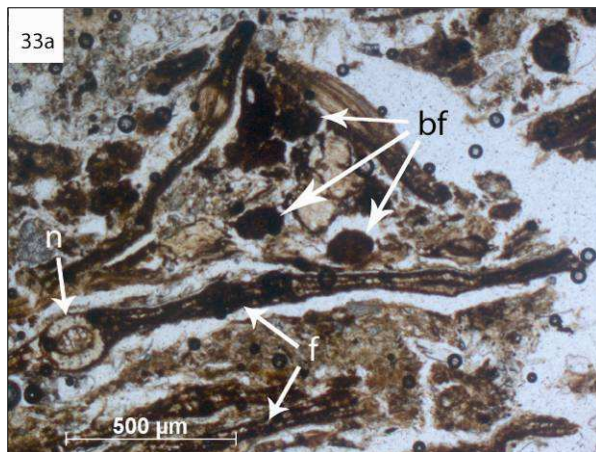


Annexe 6.5. Planche de photos. Boulettes fécales

- Photo 26. Lame M/P1-21, profil P1, horizon LA2. Amas de boulettes fécales (bf) remplissant un vide (v). Ce sont des déjections d'oribates qui ont vraisemblablement été reprises par un décomposeur secondaire, ce qui forme un agrégat de boulettes fécales. Grains de sable (g).
- Photo 27. Lame M/P6-6, profil P6, horizon ASL1. Boulettes fécales (bf) intégrée dans un agrégat organo-minéral (a). Ce sont des déjections d'oribates. Grains de sable (g).
- Photo 28. Lame n° M/ P5-10, profil P5, horizon Js. Détail de la microstructure. La matière organique entre les grains de sables (g) consiste pour la plupart en déjections de collemboles ou d'enchytréides (bf). Vides (v).
- Photo 29. Lame n° M/P6-3, profil P6, horizon VIAg. Détail de la microstructure. La matière organique entre les grains de sables (g) consiste pour la plupart en déjections d'oribates, de collemboles ou d'enchytréides (bf). Vides (v).
- Photo 30. Même lame que la photo 29. Déjection d'Adelidaea ou de Bibionidaea (bf) de forme clonocylindrique. Grains de sables (g), vides (v).
- Photo 31. Même lame que les photos 29 et 30. Boulettes fécales d'oribates (bf), agrégat organo-minéral (a), débris végétal (d), grains de sables (g), vides (v).
- Photo 32a. Lame n° M/P6-1, profil P6, horizon VIIIAg. Boulette fécale de larve de diptère (bf), composée en partie de fragments de végétaux. Elle est entourée de grains de sable (g) et de débris de végétaux (d).
- Photo 32b. Schéma d'une partie de la photo 32a. Blanc : vide ; pointillé : grains minéraux ; hachuré : fragments de végétaux ; gris clair : MO amorphe translucide ; gris foncé : MO amorphe non translucide.



- Photo 33a. Lame n° M/P6-1, profil P6, horizon VIIIAg. Boulettes fécales d'oribates entre les fragments de feuilles (f) reconnaissables à leur nervure centrale (n).
- Photo 33b. Schéma d'une partie de la photo 32a. Blanc : vide ; pointillé : grains minéraux ; hachuré : fragments de végétaux ; gris clair : MO amorphe translucide ; gris foncé : MO amorphe non translucide.
- Photo 34. Lame n° M/P6-2, profil P6, horizons VICg et VIIC. Boulettes fécales bien altérées, coalescentes. L'une d'entre elle est bien distincte (bf) ; c'est sans doute une déjection d'oribate.
- Photo 35. Lame M/P6-7, profil P6, horizon VCg. Matériel minéral et matériel organique fin qui semble avoir rempli un chenal, sans doute une galerie creusé par la faune. Quelques boulettes fécales sont visibles (bf), même si elles sont en début de coalescence. Il s'agit vraisemblablement de déjection d'oribates et de collemboles.
- Photo 36a. Lame M/P6-4, profil P6, horizon IVCg. Coupe longitudinale d'un apex racinaire fragmenté (ar). De nombreuses boulettes fécales (bf) se trouvent à l'intérieur de la radicelle.
- Photo 36b. Détail de la photo 36a. Deux types de boulettes fécales sont discernables : celles d'oribates (o) en forme d'œuf avec un bord net et ne contenant aucun débris végétal reconnaissable, et celles d'enchytréides (e) de forme très irrégulière contenant des débris végétaux reconnaissables dont de nombreuses cellules de l'apex racinaire.
- Photo 37. Même lame que les photos 36a et 36b. Remplissage d'un chenal par du matériel minéral, du matériel organique fin, et des débris végétaux (d). C'est une zone de bioturbation (bi) due au microbrassage du sol par la faune. Elle est bien visible par l'arrangement des particules qui est différent par rapport à la microstructure du reste de la lame.



Annexe 6.6. Planche de photos. Coupes de radicelles

- Photo 38. Lame M/P6-1, profil P6, horizon VIII_{Ag}. Coupe oblique d'une radicelle, séparée du fond matriciel par un vide (v).
- Photo 39a. Même lame que la photo 38. Détail des canaux vasculaires de la coupe racinaire visible sur la photo 38. Certaines cellules sont encore discernables. Celles-ci présentent des ponctuations scalariformes (ps), que l'on voit sous la forme d'échelle, et qui sont typiques des radicelles d'aulne.
- Photo 39b. Même lame que les photos 38 et 39a. Autre coupe racinaire visible sur la même lame. Les canaux vasculaires sont constitués de grosses cellules (cv), alignées par groupes de 5-7. Les perforations entre les cellules (p) sont bien discernables. Il s'agit également d'une radicelle d'aulne, les perforations scalariformes n'étant pas visibles sur cette photo.
- Photo 40. Lame n° M/P6-4, profil P6, horizon IV_{Cg}. Nombreuses coupes racinaires (cr), distribuées de manière homogène dans le sédiment.
- Photo 41. Lame M/P6-7, profil P6, horizon V_{Cg}. Nombreuses coupes racinaires (cr), distribuées de manière homogène dans le sédiment.
- Photo 42a. Lame n° M/P6-4, profil P6, horizon IV_{Cg}. Coupe transversale d'une radicelle de monocotylédone herbacée.
- Photo 42b. Même chose que la photo 42a, en lumière polarisée. Les couleurs au centre de la radicelle sont typiques de la cellulose, qui est polymérisée de manière structurée ce qui dévie les faisceaux lumineux.

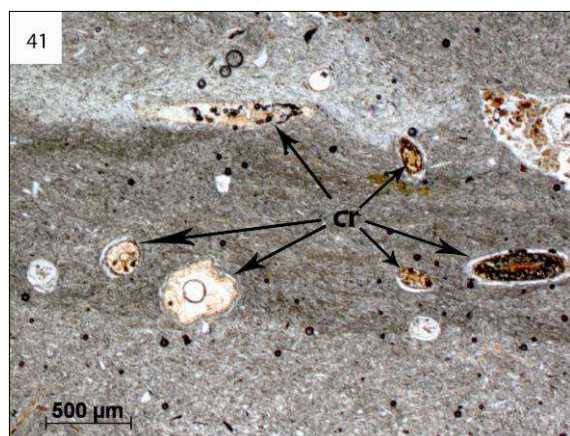
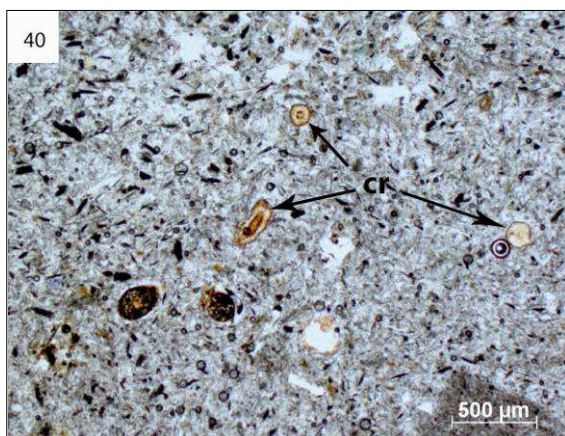
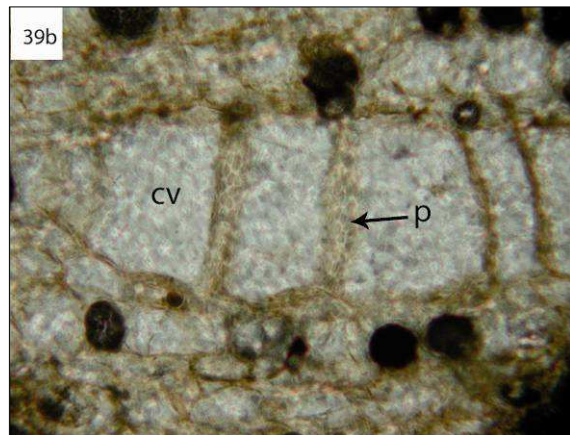
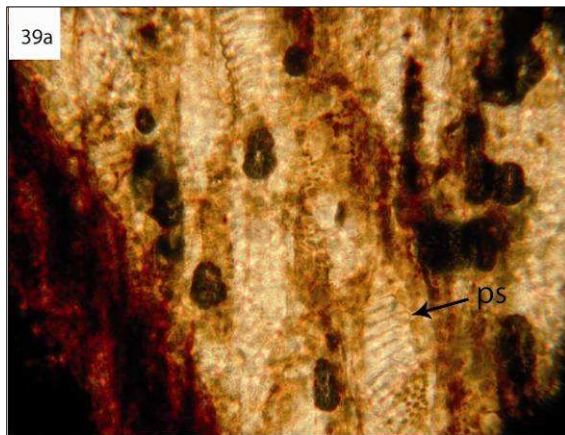
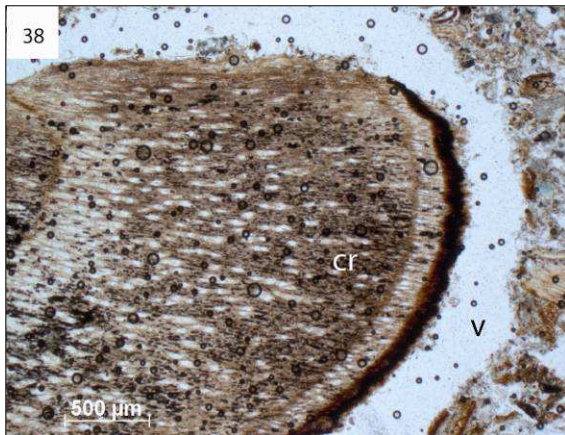
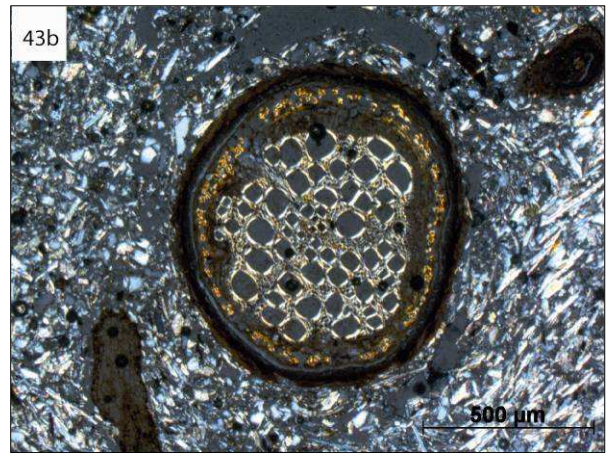
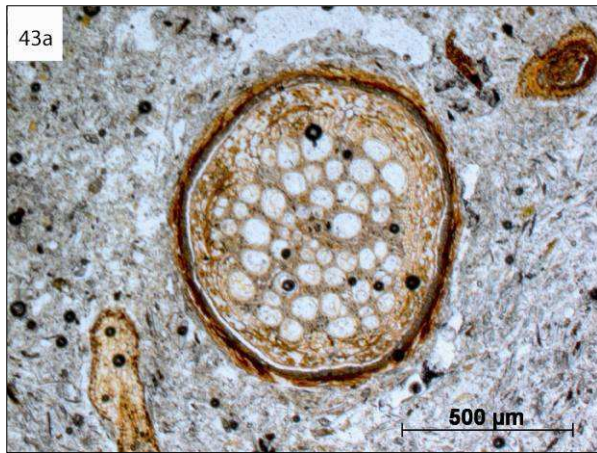


Photo 43a. Lame M/P6-7, profil P6, horizon VCg. Coupe transversale d'une radicelle de monocotylédone herbacée.

Photo 43b. Même chose que la photo 43a, en lumière polarisée. Les couleurs au centre de la radicelle sont typiques de la cellulose, qui est polymérisée de manière structurée ce qui dévie les faisceaux lumineux.



Annexe 6.7. Tableau de comparaison des lames minces provenant du profil P6 (la Ferme des Îles, Martigny)

Profil P6 : Les Îles, Martigny. FLUVIOSOL BRUNIFIÉ, anthropisé, redoxique. Lames M/P6-1 à M/P6-4, M/P6-6 à M/P6-7. Lames verticales, 24*32mm, épaisseur 30µm.							
Profondeur du profil							
	6 - 21 cm	129 - 130.5 cm	130.5 - 146 cm	146-152 cm	161 - 162 cm	175 - 187 cm	
Horizon	ASL1	IVCg	VCg	VIAG	VIIc	VIIIg	
Microstructure et porosité	microaggrégée en intergrain avec chenaux et chambres	alternances de m. granulaire à chenaux en intergrain et m. granulaire massive	à chenaux et chambres	microaggrégée en intergrain	granulaire à espacement simple avec chenaux en intergrain	laminée, et microaggrégée en intergrain	
Fond matriciel							
c/f distribution relative	enaulic fin rapproché	monic fin à grossier, rapproché	monic fin, rapproché	enaulic fin, espacement simple	monic grossier à espacement simple	enaulic grossier	
matériel minéral	grains angulaires, de 1000µm à 30µm, peu à non trié	grains bien triés par couches, de 10µm à 1000µm	grains très peu triés, de 220µm à 10µm pour les plus petits discernables	grains de 40µm à 2375µm. Spicules de graphite	grains anguleux, de 30µm à 390µm, bien triés. Spicules de graphite	enaulic fin, rapproché grains anguleux de 120µm à 20µm, assez bien triés	
matériel organique	agrégats organo-minéraux et organiques, de 20µm à 190µm	-	-	agrégats organo-minéraux, de 60µm à 1250µm	-	bcp de débris végétaux, MO amorphe, petits agrégats, en couches	
Micromasse	-	gris foncé à gris-jaune, dans certaines couches	b-fabrique unistréée par domaines.	-	sous coupes de radicelles, b-fabrique unistréée	-	
Matériel organique non inclut dans le fond matriciel	débris tissulaires végétaux très altérés	coupes de radicelles, de diamètre 250µm	coupes de radicelles, débris végétaux altérés	coupes de radicelles, débris végétaux altérés	coupes de racines, débris végétaux altérés	MO fine noircie, coupes d'organes végétaux	
Éléments figurés	nodules typiques avec microstructure interne massive	remplissages, boulettes fécales, quasicutane organo-ferrique	remplissages, boulettes fécales, imprégnation organo-ferrique	imprégnation organo-ferrique, boulettes fécales	quasicutane organo-ferrique sur les chenaux	cutane organo-ferrique, boulettes fécales	

Annexe 6.8. Tableau de comparaison des lames minces provenant de l'horizon de surface du Profil P5 et d'un horizon de profondeur du profil P6

	M/P5-10	M/P6-3
	Profil P5, La Brèche, Sierre. Horizon Jp Lame verticale, taille 24*32mm, épaisseur 30µm, à 13cm de profondeur	Profil P6, Les Iles, Martigny. Horizon VIaG Lame verticale, taille 24*32mm, épaisseur 30µm, à 139.8cm de profondeur
Microstructure et porosité	Microstructure microagrégée en intergrain. Pas de porosité intergranulaire visible	Microstructure microagrégée en intergrain. Porosité intergranulaire faible
Fond matriciel		
c/f distribution relative matériel minéral	Enaulic fin à espacement simple, ouvert Grains subangulaires à bords lisses voir ondulés, sphéricité très variable, début d'altération en tache sur quelques gros grains. Sable fin à grossier (50µm à 1500µm)	Enaulic fin à moyen, espacement simple à rapproché Grains à bords lisses à ondulés, sphéricité élevée. Altération, la surface est ondulée à épineuse. Sable fin à grossier (40µm à 2375µm avec une moyenne de 200µm). Quelques rares spicules de graphite
matériel organique	Agrégats organo-minéraux pour la plupart. Bord net, formes variables, généralement mamillé à digité. MO brune, amorphe, pas de débris reconnaissables, translucide, de 30µm à 200µm. Certains sont uniquement organiques, ressemblent à des boulettes fécales fortement agrégées.	Nombreux agrégats organo-minéraux, matériel minéral fin mélangé à de la MO amorphe, sans débris reconnaissables. Forme des agrégats irrégulière, mamillés à digités, certains à tendance sphérique, de 60µm à 1250µm
Micromasse	-	-
Matériel organique non inclut dans le fond matriciel	Débris tissulaires végétaux fortement altérés, impossible à déterminer, bruns translucides. Coupe transversale de racine, fragmentée, brun translucide à noir, impossible à déterminer	Débris cellulaires et tissulaires de végétaux, altération par fragmentation et brunissement des cellules. Coupes transversales de radicules, altération chimique et physique, cellules corticales brunes foncées. MO amorphe en plaque avec fentes, forme générale clonocylindrique, 375*1050µm.
Eléments figurés	Boulettes fécales. Ellipsoïdes à sphériques, uniquement organiques, brunes foncées, translucides, bord net et lisse, 20µm	Boulettes fécales ellipsoïdes, composées de MO uniquement, restes cellulaires encore visibles, de 50µm à 90µm, bords nets, brun foncé Imprégnation organo-ferrique en intergrain, colmatage presque complet des vides interstitiels à certains endroits, surface ondulée, couleur rouille-foncé, opaque là où l'imprégnation est la plus forte

Annexe 6.9. Description complète des lames minces. M/P1-21

Profil n°	P1	Taille lame mince (cm)	2.4*3.2
Lieu	Saillon	Epaisseur	30µm
Horizon	LA2	Orientation	verticale
Profondeur de la lame dans le profil (cm) : 2			
Description de l'horizon sur le terrain : horizon à structure grumeleuse, sablo-limoneux, présence de morceaux de plastique, boulettes de limons plus claires, quelques bouts de bois mort, quelques graviers.			

Microstructure et porosité :

microstructure microagrégée en intergrain à tendance massive.

Fond matriciel :

c/f distribution relative : enaulic fin, rapproché. *Mat min* : grains subangulaires, surface ondulée à lisse, altération en tache pour certains gros grains, sphéricité très variable, de 10µm pour les plus petits grains discernables à 700µm, non trié. *Mat org* : agrégats organo-minéraux et uniquement organiques en grande quantité, ils remplissent presque tout l'espace entre les grains. Faits de MO fine amorphe et de cellules végétales très altérées, de 20µm à 200µm. *Micromasse* : peu de micromasse visible, à certains endroits présence de matériel minéral fin mélangé à de la MO fine formant une microstructure massive, pas d'orientation préférentielle des particules.

Matériel organique ne faisant pas partie du fond matriciel, ni des éléments figurés :

- o débris tissulaires végétaux, très altérés (cellules brunies voir noires, fragmentation à la surface), morceaux de taille très diverses : 5mm à 200µm ;
- o quelques morceaux de tissus végétaux identifiables, liège reconnaissable aux couches de cellules superposées et alignées.

Éléments figurés :

- o biosphéroïde sur le haut de la lame. Cristal de formation radiale, gris clair, ovale. 250µm de diamètre ;
- o boulettes fécales, uniquement organiques, début de coalescence, brunes, ellipsoïdes, de 30µm à 40µm ;
- o nodules de fabrique différente du fond matriciel. C/f distribution relative : porphyric à double espacement, matériel minéral fin, taille des particules non discernable, forme digitée, 600µm de diamètre pour le plus gros. 3 nodules similaires visibles sur la lame.

Annexe 6.10. Description complète des lames minces. M/P4-54

Profil n°	P4	Taille lame mince (cm)	2.4*3.2
Lieu	Tourtemagne	Epaisseur	30µm
Horizon	XXXCg et XXXICg	Orientation	verticale
Profondeur de la lame dans le profil (cm) : 95.2			
Description de l'horizon sur le terrain :			
XXXCg : limite distincte, sableux, taches d'oxydation nombreuses			
XXXICg : sablo-limoneux, taches d'oxydation peu nombreuses			

Microstructure et porosité :

complexe, cinq zones distinctes surtout par la taille des grains. Description depuis le bas de la lame :

- a) microstructure granulaire pelliculaire. Porosité intergranulaire, élevée ;
- b) microstructure granulaire ;
- c) microstructure granulaire pelliculaire, Porosité intergranulaire, faible ;
- d) microstructure granulaire. Porosité intergranulaire, élevée ;
- e) microstructure massive, début de structure lenticulaire. Fentes planaires rectilignes ;

Fond matriciel :

- a) c/f distribution relative : chitonic, espacement simple. Mat min : grains bien triés, sphéricité variable, angulaires, surface lisse, de 100µm à 300µm. Altération en taches sur certains gros grains. Mat org : -. Micromasse : - ;
- b) c/f distribution relative : monic moyen. Mat min : grains bien triés, sphéricité faible, angulaires, surface lisse, de 5µm à 90µm. Mat org : -. Micromasse : - ;
- c) c/f distribution relative : monic grossier rapproché, voir chitonic. Mat min : grains bien triés, sphéricité très variable, subangulaires, surface ondulée, de 10µm à 140µm. Mat org : -. Micromasse : - ;
- d) c/f distribution relative : monic grossier à espacement simple. Mat min : grains bien triés, sphéricité élevée, subangulaires, surface ondulée, de 100µm à 250µm. Mat org : -. Micromasse : - ;
- e) c/f distribution relative : monic fin à moyen. Mat min : grains bien triés, sphéricité faible, surface lisse, subangulaires, de 10µm à 50µm. Mat org : -. Micromasse : - ;

Matériel organique ne faisant pas partie du fond matriciel, ni des éléments figurés :

- o grains anguleux noirs, sphéricité élevée, opaque, pas d'extinction, distribués dans toute la lame. Ressemble à des bouts de charbon.

Eléments figurés :

- o cutanes d'oxy-, hydroxydes de fer sur les grains. Brun-rouille à noir lorsque la cutane est épaisse, contour ondulé. Fine pellicule sur certains grains, elle peut atteindre 5-10µm d'épaisseur sur d'autres. Cela forme un pont entre les grains ce qui crée une distribution relative c/f concave géfurié à ces endroits. Dans les zones a et c.

Annexe 6.11. Description complète des lames minces. M/P5-10

Profil n°	P5	Taille lame mince (cm)	2.4*3.2
Lieu	La Brèche, Sierre	Epaisseur	30µm
Horizon	Js	Orientation	verticale
Profondeur de la lame dans le profil (cm) : 13			
Description de l'horizon sur le terrain : horizon avec quelques agrégats, boulettes fécales, structure particulière minérale, sableux.			

Microstructure et porosité :

microstructure microagrégée en intergrain. Homogène sur toute la lame. Pas de porosité visible à l'intérieur des agrégats intergranulaires.

Fond matriciel :

c/f distribution relative : enaulic fin à espacement simple, ouvert. *Mat min* : grains subangulaires à bords lisses voir ondulés pour certains, sphéricité très variable, début d'altération en tache sur quelques gros grains, de 50µm à 1500µm, relativement bien trié. *Mat org* : agrégats organo-minéraux pour la plupart. Certains sont uniquement organiques, ressemblent à des boulettes fécales fortement agrégées, bord net, formes variables, généralement mamillé à digité. MO brune, amorphe, pas de débris reconnaissables, translucide, de 30µm à 200µm. *Micromasse* : -.

Matériel organique ne faisant pas partie du fond matriciel, ni des éléments figurés :

- o débris tissulaires végétaux fortement altérés, impossible à déterminer, brun translucide ;
- o coupe transversale de racine, fragmentée, brun translucide à noir, impossible à déterminer.

Éléments figurés :

- o boulettes fécales. Ellipsoïdes à sphériques, uniquement organiques, brunes foncées, translucides, bord net et lisse, 20µm.

Annexe 6.12. Description complète des lames minces. M/P6-1

Profil n°	P6	Taille lame mince (cm)	2.4*3.2
Lieu	Les Iles, Martigny	Epaisseur	30µm
Horizon	VIII Ag	Orientation	verticale
Profondeur de la lame dans le profil (cm) : 189.4			
Description de l'horizon sur le terrain : horizon feuilleté, beaucoup de bois mort, taches d'oxydation oranges, graines.			

Microstructure et porosité :

complexe. Plusieurs couches distinctes avec microstructure différente. Description depuis le bas de la lame :

- a) microstructure microagrégée en intergrain ;
- b) microstructure laminée, porosité due à l'empilement des objets organiques ;
microstructure massive à certains endroits, sans porosité visible.
- c) microstructure massive ;
- d) microstructure microagrégée en intergrain.

Fond matriciel :

Complexe, avec 4 zones distinctes :

- a) *c/f distribution relative* : enaulic rapproché, fin. *Mat min* : grains anguleux à subanguleux, lisses, de 120µm à 20µm, assez bien trié. *Mat org* : agrégats ou anciennes boulettes fécales agrégées, uniquement organique, de 30µm à 200µm, contours diffus, ovale à mamillé.
Micromasse : - ;
- b) *c/f distribution relative* : enaulic grossier. A certains endroits fin à moyen, rapproché. *Mat min* : grains distincts, moyennement trié, de 20µm à 150µm. *Mat org* : grde importance dans la structure, débris d'organes de tissus et de cellules végétaux (coupes de feuilles transversales), MO amorphe, arrangé en couches horizontales, petits agrégats de 30µm à 120µm. *Micromasse* : à quelques endroits, jaunâtre, pas de b-fabrique visible ;
- c) *c/f distribution relative* : porphyric ouvert, homogène. *Mat min* : quelques grains, angulaires à subangulaires, lisses, de 50µm à 150µm, grains noirs très effilés angulaires de 40µm de longueur. *Mat org* : quelques rares agrégats dans les marges de cette zone. *Micromasse* : couleur grise, b-fabrique en taches ;
- d) même chose que a)

Matériel organique ne faisant pas partie du fond matriciel, ni des éléments figurés :

- a) MO amorphe craquelée, noircie, en plaque le long d'une coupe d'un organe végétal.
Coupes transversales de racines, altérées (brunes, noircies, fragmentées). Nombreux restes de tissus végétaux, bruns foncé à noirs suivant les parties, fragmentés. Restes cellulaires végétaux altérés ;
- b) nombreuses coupes d'organes végétaux, bien altérées. Nombreux restes cellulaires végétaux et MO amorphe formant des zones uniquement organiques ;
- c) quelques résidus de tissus végétaux très altérés (bruns, fragmentés) ;
- d) même chose que a)

Eléments figurés :

- a) zones d'imprégnation organo-ferrique, forme de nodule typique aux contours diffus, imprégnation à la surface des grains ou des débris organiques. Boulettes fécales de tailles très diverses :
- o gros amas, mamillés à digités, composés de grains minéraux de MO amorphes et de restes cellulaires végétaux. Environ 1500µm de diamètre. Début de fractionnement ;
 - o boulettes fécales ovales, faites de débris cellulaires végétaux visibles, uniquement organiques, contour net. 375*225µm ;
 - o boulettes fécales en amas, bruns voir noircis, microagrégation poreuse. Amas de 200µm de diamètre fait de boulettes fécales de 50µm uniquement organiques avec un contour net, ovales ;
- b) boulettes fécales :
- o boulettes sphériques, composées de MO amorphe et de matériel fin minéral, contour net, brun foncé, de 300µm à 125µm ;
 - o boulettes ovales (ellipsoïdes), uniquement organiques, contour net, brun foncé, 125µm de longueur.
-

Annexe 6.13. Description complète des lames minces. M/P6-2

Profil n°	P6	Taille lame mince (cm)	2.4*3.2
Lieu	Les Iles, Martigny	Epaisseur	30µm
Horizon	VICg ; VIIC	Orientation	verticale
Profondeur de la lame dans le profil (cm) : 154.4			
Description de l'horizon sur le terrain :			
VICg : taches d'oxydation en bandes, sables grossiers et graviers.			
VIIC : structure feuilletée peu marquée, gris-noir, colle beaucoup.			

Microstructure et porosité :

complexe, avec deux zones légèrement distinctes, décrites séparément depuis le bas de la lame :

- très hétérogène. La plupart de la zone présente une microstructure granulaire simple. Quelques zones à microstructure granulaire avec des chenaux en intergrain. Vides : dus à l'assemblage des grains. Quelques chenaux, circulaires, ellipsoïdes et arqués, surface ondulée. Taille : circulaires=200µm de diamètre, ellipsoïdes=300*150µm et 500*200µm, arqués=400*1125µm ;
- plus homogène. Microstructure granulaire simple.

Fond matriciel :

Complexe, avec deux zones distinctes :

- c/f distribution relative* : assez hétérogène, monic grossier, quelques zones spécifiques (près des racines) monic fin voir porphyric ouvert, monic très grossier à espacement simple. *Mat min* : certaines zones très bien triées, d'autres moyennement triées, grains à sphéricité moyenne, subangulaires, surface lisse à ondulée, de 300µm à 30µm. Nombreuses spicules noires de graphite distribuées de manière homogène, allongées, angulaires, surface lisse, de 30µm à 460µm de longueur. *Mat org* : -. *Micromasse* : seulement présente à certains endroits spécifiques, en-dessous de coupes de radicelles ou de feuilles. Couleur grise, composition mixte. B-fabrique unistriée, orientation suit celle de la coupe de matériel végétal, environs 250µm de largeur ;
- c/f distribution relative* : monic grossier à espacement simple. Quelques petites zones de monic grossier, rapproché. *Mat min* : grains à sphéricité très variable, surface lisse, anguleux à subanguleux, de 30µm à 390µm, bien trié. Spicules de graphite, même chose que a). *Mat org* : -. *Micromasse* : -.

Matériel organique ne faisant pas partie du fond matriciel, ni des éléments figurés :

- quelques coupes transversales de racines, altérées par fragmentation et par brunification des cellules. Coupes longitudinales de radicelles très fragmentées et brunifiées. Autres débris tissulaires et cellulaires de végétaux, très fragmentés et brunifiés ;
- quelques rares débris tissulaires et cellulaires de végétaux, très fragmentés et brunifiés.

Éléments figurés :

- Hypocutane organo-ferrique sur les chenaux. Imprégnations intergranulaires de forme plus ou moins sphérique, organo-ferrique. Remplissage lâche complet (pédotubule), laminée en croissant, visible d'après l'orientation des spicules de graphite, dû au passage

de la faune, 1250µm de largeur sur 5000µm de largeur, chenal à l'intérieur du remplissage donc postérieur à celui-ci. Boulettes fécales sphériques à ellipsoïdes, regroupées à un endroit. Elles sont uniquement organiques et font entre 50 et 100µm de diamètre.

Annexe 6.14. Description complète des lames minces. M/P6-3

Profil n°	P6	Taille lame mince (cm)	2.4*3.2
Lieu	Les Iles, Martigny	Epaisseur	30µm
Horizon	VIAg	Orientation	verticale
Profondeur de la lame dans le profil (cm) : 139.8			
Description de l'horizon sur le terrain : sables grossiers, brun foncé, début de structure grumeleuse, quelques taches d'oxydation diffuses.			

Microstructure et porosité :

microstructure assez homogène sur toute la lame, sauf à un endroit particulier :

- microstructure microagrégée en intergrain. Porosité intergranulaire faible ;
- microstructure massive. Porosité très faible voir absente. C'est une zone qui semble avoir rempli les vides d'un sédiment en place.

Fond matriciel :

- c/f distribution relative* : enaulic fin à moyen, espacement simple à rapproché. *Mat min* : Grains à sphéricité élevée, surface lisse à ondulée, de 40µm à 2375µm avec une moyenne de 200µm. Altération, la surface devient ondulée à épineuse. Quelques rares spicules de graphite. *Mat org* : nombreux agrégats organo-minéraux, matériel fin mélangé à de la MO amorphe. Forme des agrégats irrégulière, mamillés à digités, certains à tendance sphérique, de 60µm à 1250µm. *Micromasse* : - ;
- c/f distribution relative* : monic rapproché. *Mat min* : grains à sphéricité variable, anguleux à subanguleux, surface lisse, de 20µm à 150µm, quelques grains altérés (« cross linear alteration »). Présence de nombreuses spicules de graphite, de taille et forme similaires aux autres horizons. *Mat org* : -. *Micromasse* : -.

Matériel organique ne faisant pas partie du fond matriciel, ni des éléments figurés :

- quelques coupes transversales de radicelles, altération chimique et physique, cellules corticales brunes foncées. Résidus cellulaires et tissulaires de végétaux, altération par fragmentation et brunissement des cellules. MO amorphe en plaque avec fentes, forme générale clonocylindrique, 375*1050µm ;
- quelques rares débris végétaux. MO amorphe.

Éléments figurés :

- imprégnation organo-ferrique en intergrain, colmatage presque complet des vides interstitiels à certains endroits, surface ondulée, couleur rouille-foncé, opaque là où l'imprégnation est la plus forte.

Boulettes fécales ellipsoïdes, composées de MO uniquement, restes cellulaires encore visibles, de 50µm à 90µm, bords nets, brun foncé.

Annexe 6.15. Description complète des lames minces. M/P6-7

Profil n°	P6	Taille lame mince (cm)	2.4*3.2
Lieu	Les Iles, Martigny	Epaisseur	30µm
Horizon	VCg	Orientation	verticale
Profondeur de la lame dans le profil (cm) : 144			
Description de l'horizon sur le terrain : horizon à structure feuilletée, limono-argileux, taches d'oxydation en bandes, alternance de couches foncées et de couches jaunes.			

Microstructure et porosité :

complexe, 2 zones distinctes sur la lame. Description depuis le bas de la lame :

- a) zone qui se trouve sur les $\frac{3}{4}$ de la lame. Microstructure à chenaux et chambres, matériel apédique. Chambres à bord net mais rugueux, 200µm à 700µm de diamètre, contiennent presque toutes des débris végétaux. Chenaux racinaires avec restes végétaux à l'intérieur, 2 principaux qui traversent toute la lame, environs 650µm de diamètre ;
- b) petite zone sur le haut de la lame. Microstructure à chambres, matériel apédique. Les chambres contiennent des coupes transversales racinaires.

Fond matriciel :

- a) *c/f distribution relative* : monic fin, rapproché. *Mat min* : grains de tailles très différentes, très peu trié dans l'ensemble mais bien trié dans certaines zones particulières. 220µm pour les plus gros grains, 10µm pour les plus petits discernables. *Mat org* : pas de MO dans le fond matriciel. *Micromasse* : présence d'une micromasse orienté dans certaines zones, là où les particules sont les plus fines. B-fabrique unistriée, par domaine. Pas d'orientation préférentielle des domaines dans l'ensemble.
- b) *c/f distribution relative* : monic fin. *Mat min* : taille des grains difficilement discernable, 15µm pour les plus gros. *Mat org* : -. *Micromasse* : zone très discernable d'après la couleur par rapport au reste de la lame, gris foncé uniforme alors que le reste de la lame est gris-clair voir jaunâtre. B-fabrique unistriée, orientée plus ou moins horizontalement par rapport à l'orientation de la lame.

Matériel organique ne faisant pas partie du fond matriciel, ni des éléments figurés :

- o nombreuses coupes transversales de racines, non identifiables, de 125µm à 850µm de diamètre, très altérées par fragmentation et brunissement des cellules ;
- o coupes longitudinales de radicelles, également bien altérées ;
- o débris tissulaires végétaux, également bien altérés, se trouvent dans la porosité (chambres, chenaux).

Eléments figurés :

- o imprégnations de la matrice, contours diffus, de couleur jaune-rouille, couleur plus intense vers le centre. Pas de forme générale spécifique. Jusqu'à 1cm ;
- o remplissage dense discontinu dû à un passage de la faune (pédotubule). Forme générale de chenal avec une extrémité en pointe. Zones superposées distinctes d'après la taille des grains. Diamètre d'environ 4mm, matériel de remplissage similaire à celui du fond matriciel ;

- o remplissage lâche discontinu dans les chenaux racinaires. Remplissage par des restes tissulaires de végétaux et par des boulettes fécales ;
 - o boulettes fécales dans les chenaux racinaires. Uniquement organiques, brunes, claires et hyalines. Formes très variables, de 60µm à 150µm, quelques cellules végétales encore distinctes ;
 - o boulettes fécales brunes foncées, agglomérées, uniquement organiques, subsphériques, de 20µm à 40µm de diamètre.
-

Annexe 6.16. Description complète des lames minces. M/P6-4

Profil n°	P6	Taille lame mince (cm)	2.4*3.2
Lieu	Les Iles, Martigny	Epaisseur	30µm
Horizon	IVCg	Orientation	verticale
Profondeur de la lame dans le profil (cm) : 124			
Description de l'horizon sur le terrain : horizon gris foncé, très doux au toucher, comme du graphite, début de structure polyédrique.			

Microstructure et porosité :

Alternance de couches à microstructure différente. Description depuis le bas de la lame :

- très hétérogène. Microstructure granulaire à chenaux et vides en intergrain. Limite supérieure non horizontale, peu nette. Chenaux à bords lisses à ondulés, section ovale. Vides à bords irréguliers, rugueux à ondulés, forme irrégulière plutôt digitée ;
- microstructure granulaire. Pas de vides visibles à ce grossissement ;
- microstructure granulaire à chenaux en intergrain. Chenaux à bords irréguliers, section ovale à arquée ;
- microstructure massive à chenaux et vides en intergrain. Chenaux à bords irréguliers, section ovale. Vides nombreux, forme et bords irréguliers.

Fond matriciel :

- c/f distribution relative* : monic rapproché à porphyric, espacement double, très hétérogène surtout pour la taille des grains et leur arrangement. *Mat min* : grains anguleux à subanguleux, de 1000µm à 10µm, sphéricité élevée pour les gros grains et très variable pour les petits, surface lisse à ondulée. *Mat org* : -. *Micromasse* : présente aux endroits de distribution porphyric. Gris à gris-jaune. B-fabrique indifférenciée ;
- c/f distribution relative* : monic fin, rapproché, homogène. *Mat min* : grains de sphéricité variable, de 25µm environs, très bien trié. Nombreuses spicules de graphite. *Mat org* : -. *Micromasse* : b-fabrique unistriée ;
- c/f distribution relative* : monic grossier, rapproché. *Mat min* : grains bien triés, de 200µm à 40µm. Petite couche de 375µm d'épaisseur. *Mat org* : -. *Micromasse* : - ;
- même chose que b1) ;
- c/f distribution relative* : monic moyen, rapproché. Zones hétérogènes à l'intérieur de cette couche, porphyric ouvert et monic fin rapproché. *Mat min* : grains à sphéricité variable, angulaires à subangulaires, bords lisses à ondulés, de 100µm à 30µm, bien trié. *Mat org* : -. *Micromasse* : - ;
- couche très hétérogène. Grains de 20µm à 120µm. *Micromasse* : gris foncé à gris-jaune, b-fabrique à tendance tachetée.

Matériel organique ne faisant pas partie du fond matriciel, ni des éléments figurés :

- coupes transversales et longitudinales de radicelles, de 200µm à 350µm, altération par fractionnement et brunissement des cellules. Nombreux restes cellulaires et tissulaires de végétaux, également altérés. Agrégats de MO amorphe ;
- quelques coupes transversales de radicelles ;
- nombreuses coupes de radicelles d'environ 250µm de diamètre. 2 coupes transversales de plus grosses radicelles, 1250µm de diamètre. Les restes des petites radicelles sont très altérés. Une grande coupe longitudinale de racine très altérée, par fractionnement de la

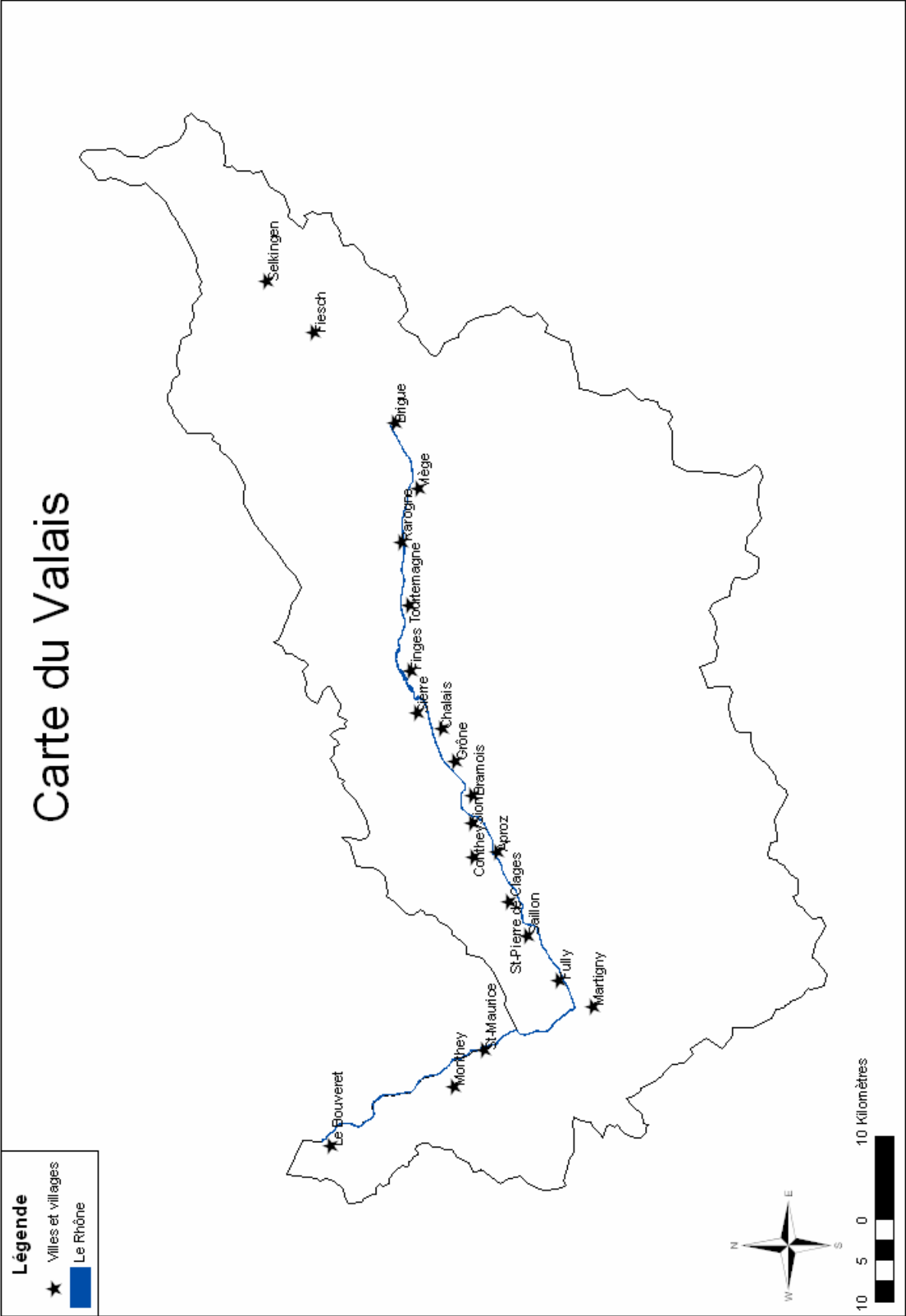
faune (boulettes fécales) depuis l'intérieur. Brunissement avancé des cellules (certaines presque noires) ;
c2) débris cellulaires végétaux et MO amorphe dans les zones hétérogènes au niveau de la structure.

Eléments figurés :

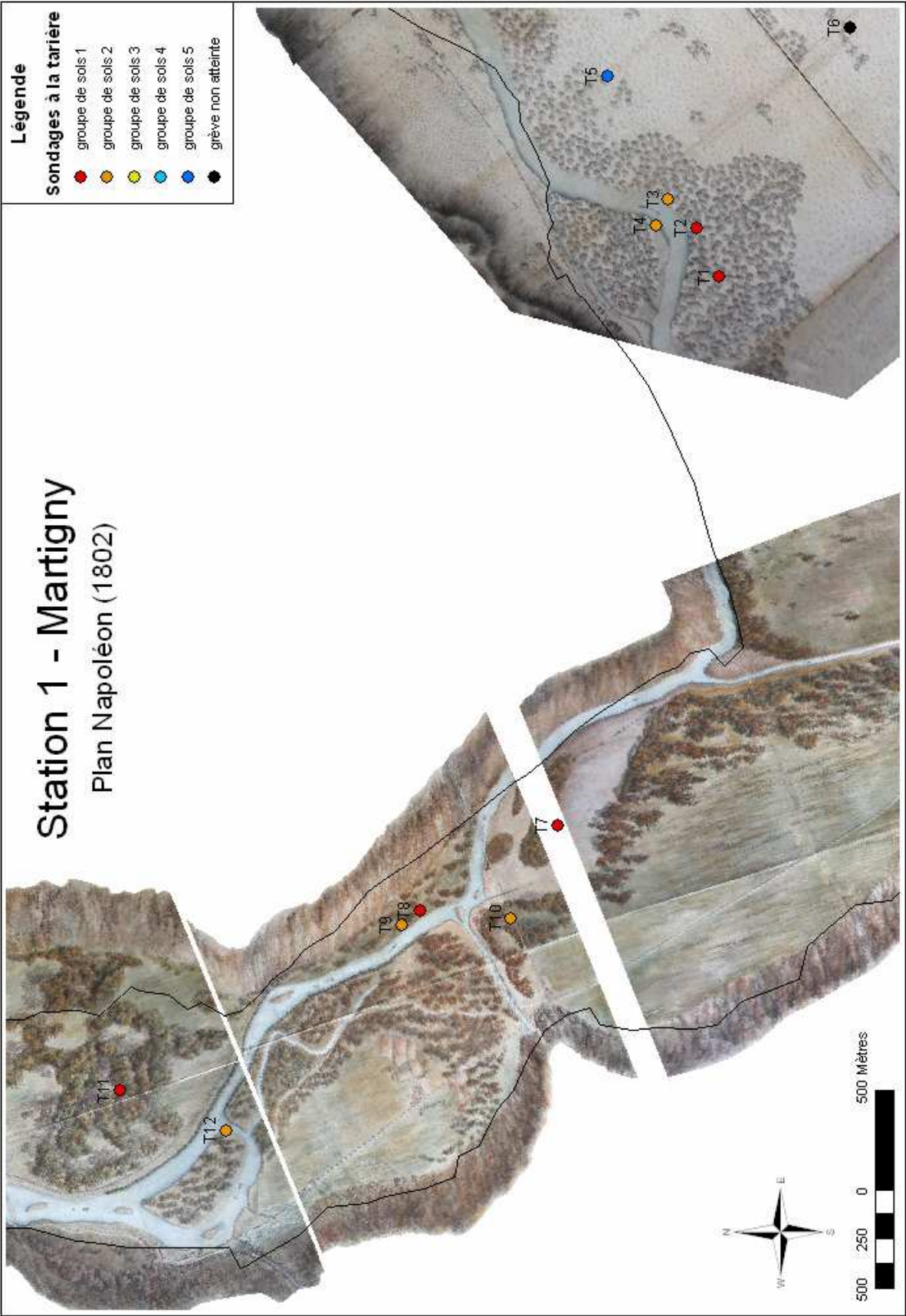
- o remplissage de passages (pédotubule), lâches, continus, remplissage en croissant. Débris végétaux en plus grande quantité dans ces remplissages ;
 - o quasicutanes sur les chenaux racinaires, imprégnation d'oxy-, hydroxydes de fer. Dégradé au niveau de la densité depuis le bord du chenal (très dense) vers le fond matriciel ;
 - o même imprégnation mais sous forme de nodule. Limite peu nette, dégradée. Forme mamillée à digitée ;
 - o boulettes fécales (pour la plupart à l'intérieur d'une coupe longitudinale de racine) :
 - ellipsoïdes, régulières. Bord net et lisse. Brun foncé mais encore translucide. 60*40µm ;
 - sphériques à ellipsoïdes, brun clair, 80µm ;
 - nombreuses boulettes fécales de formes irrégulières. Surface rugueuse, brun clair, beaucoup de restes végétaux visibles, 50µm à 180µm.
-

ANNEXE 7. CARTOGRAPHIE

Annexe 7.1. Carte du Valais



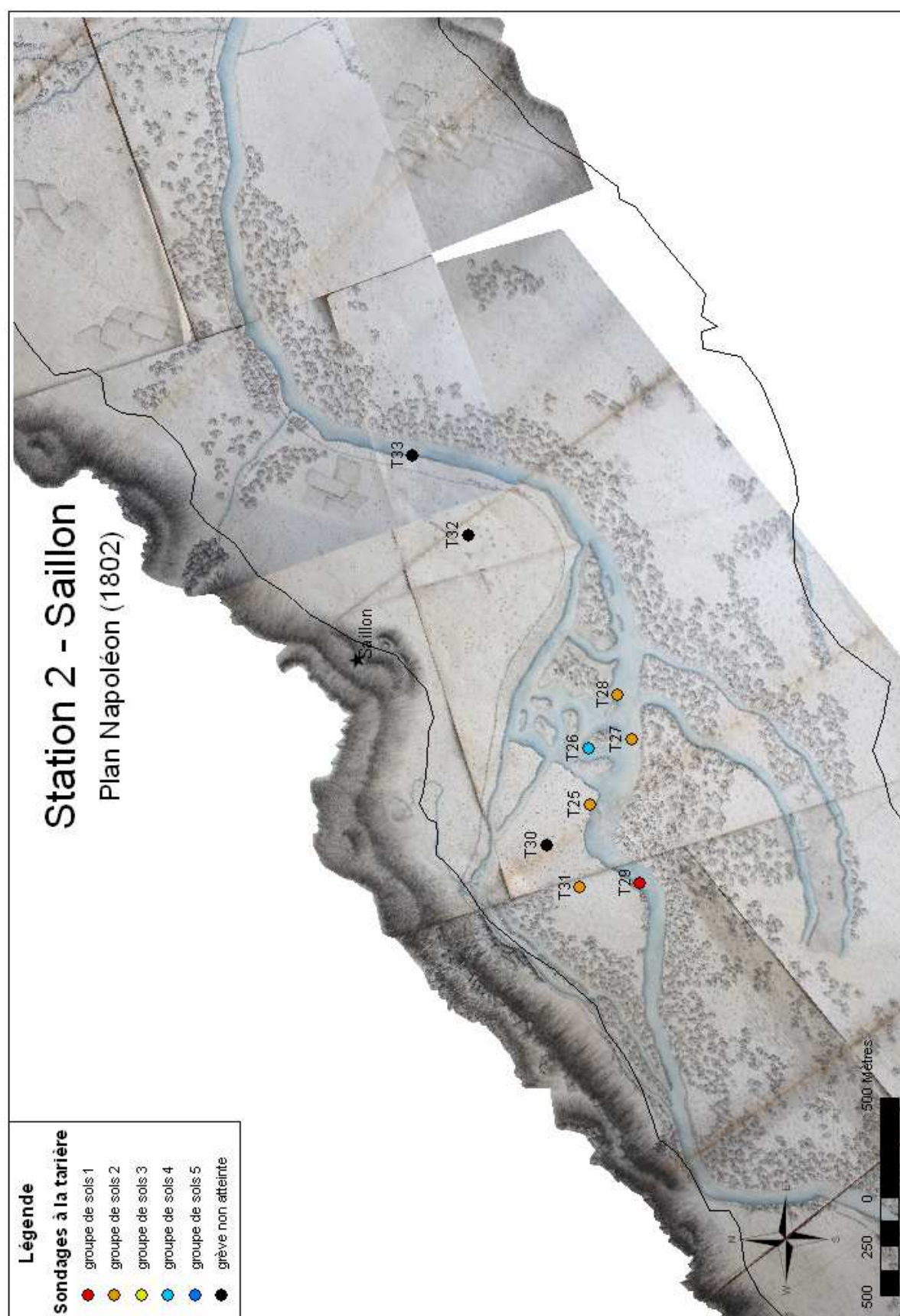
Annexe 7.2. Station 1 – Martigny. Plan Napoléon



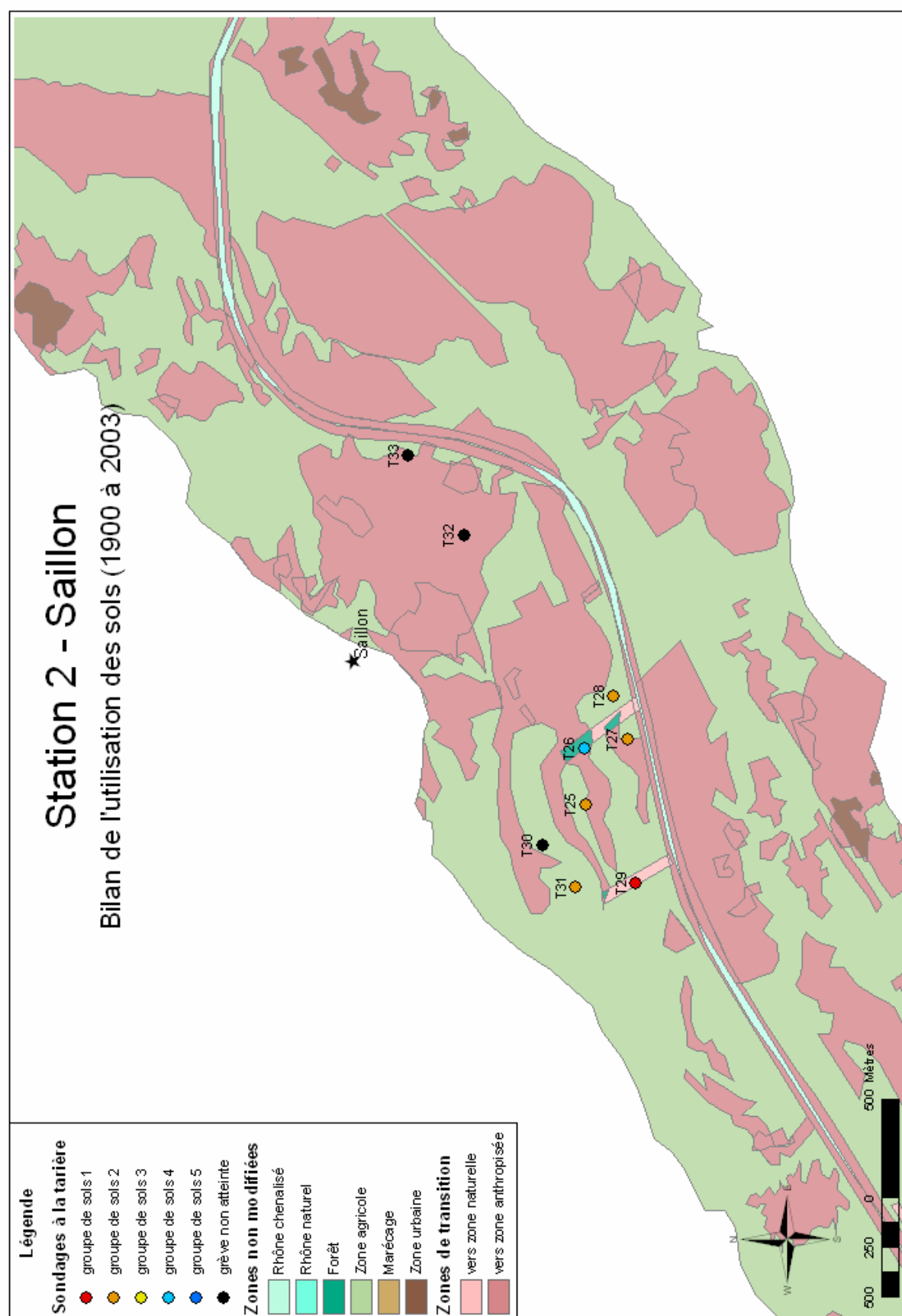
Annexe 7.3. Station 1 – Martigny. Bilan de l'utilisation des sols



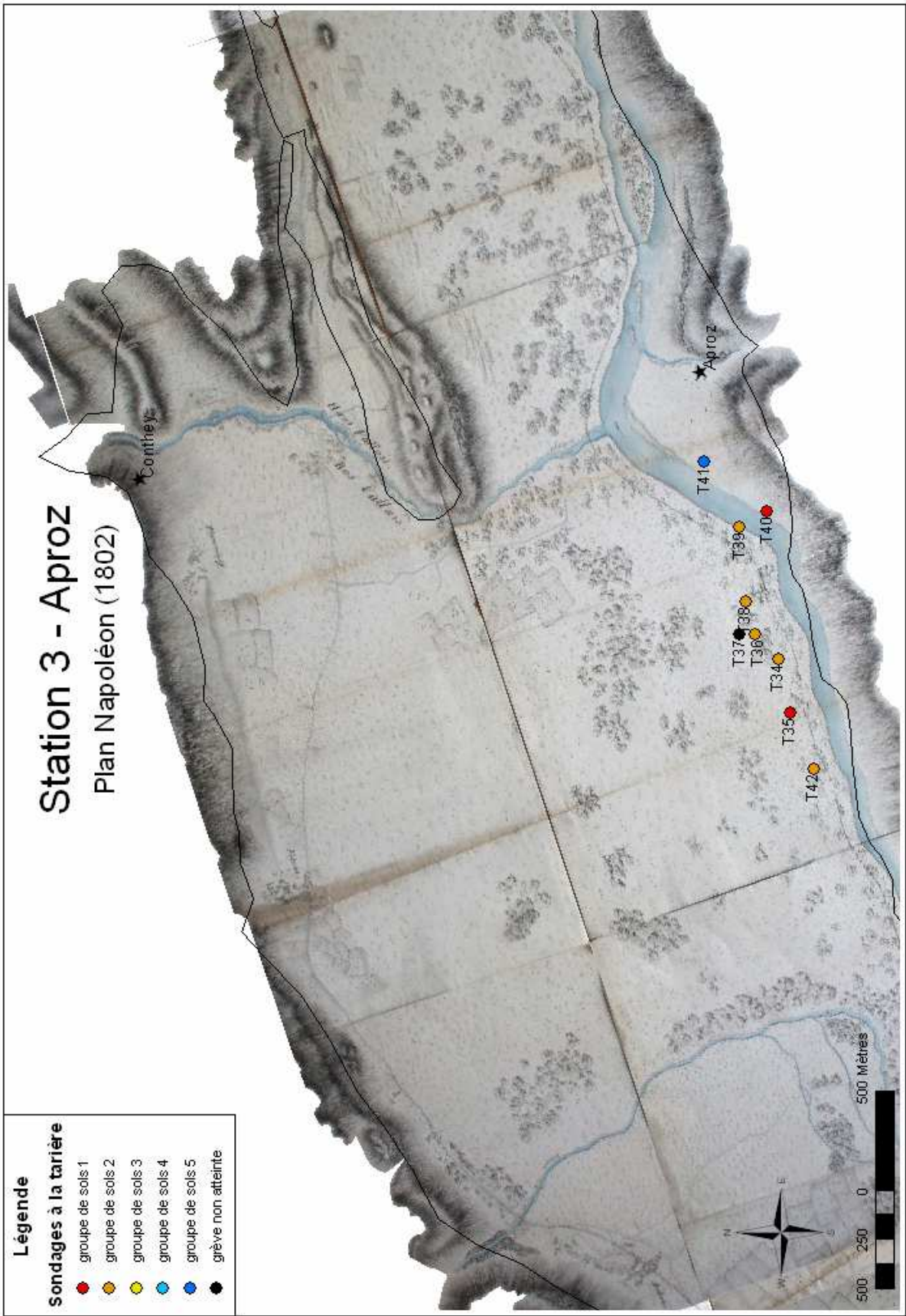
Annexe 7.4. Station 2 – Saillon. Plan Napoléon



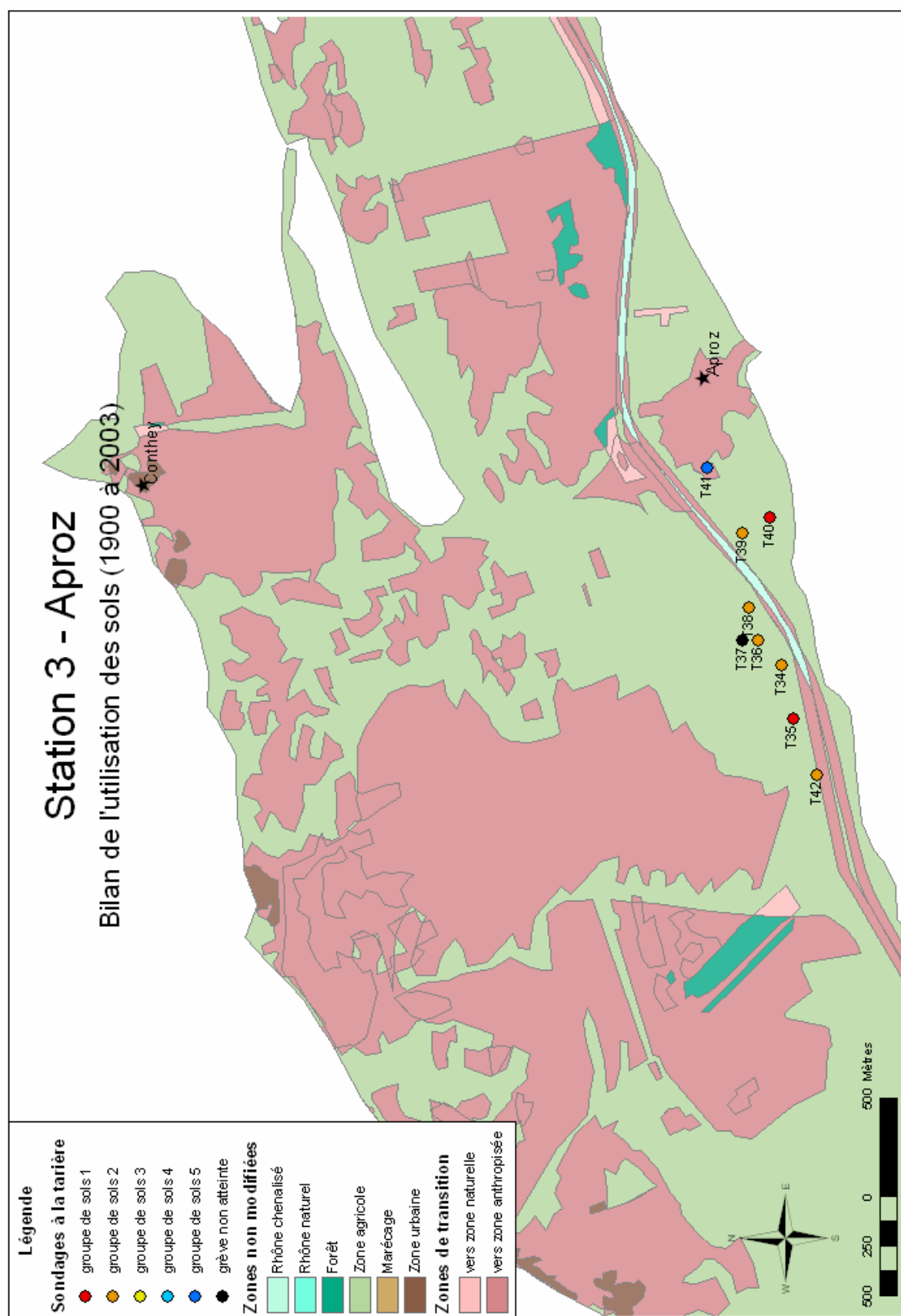
Annexe 7.5. Station 2 – Saillon. Bilan de l'utilisation des sols



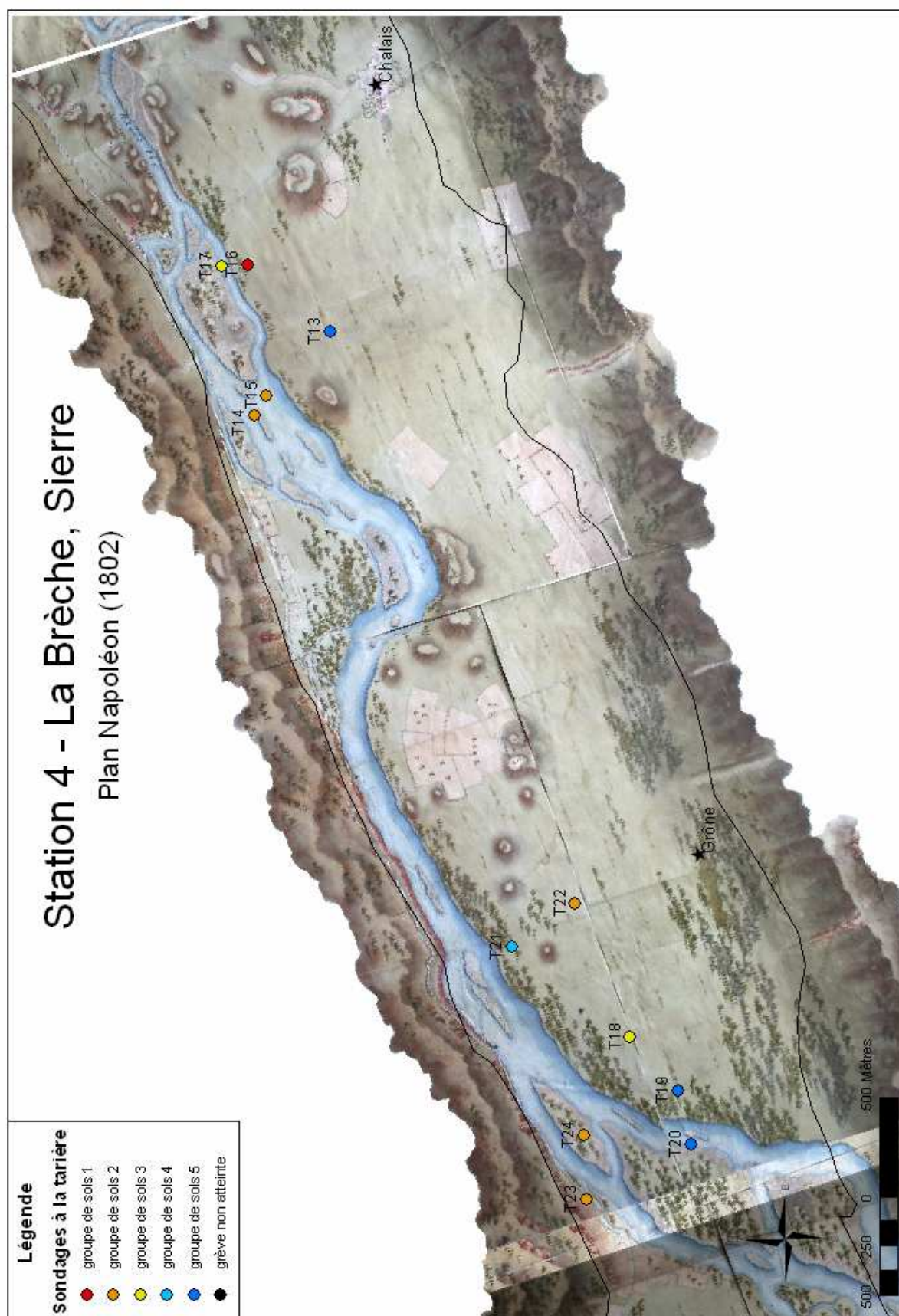
Annexe 7.6. Station 3 – Aproz. Plan Napoléon



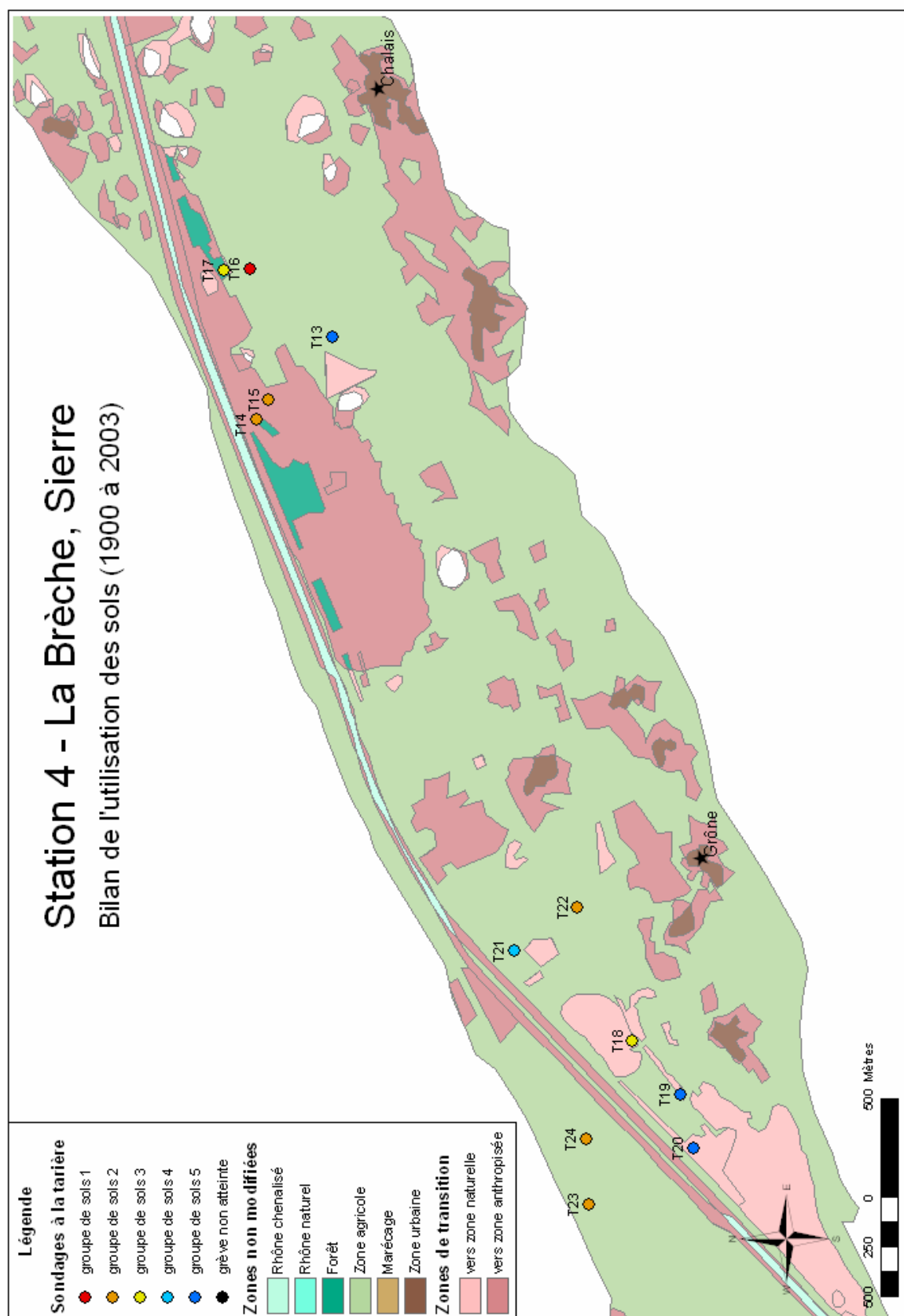
Annexe 7.7. Station 3 – Aproz. Bilan de l'utilisation des sols



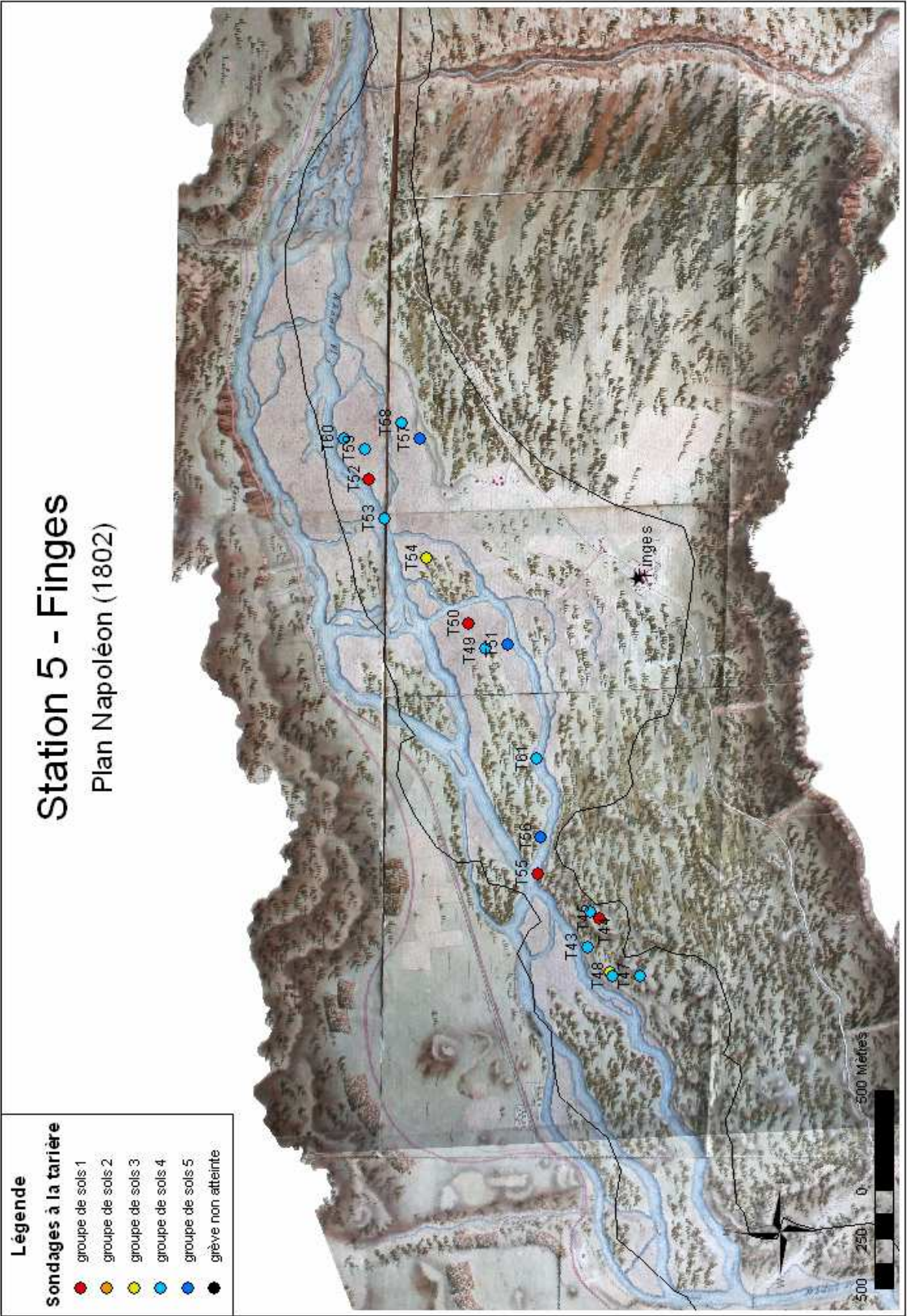
Annexe 7.8. Station 4 – La Brèche, Sierre. Plan Napoléon



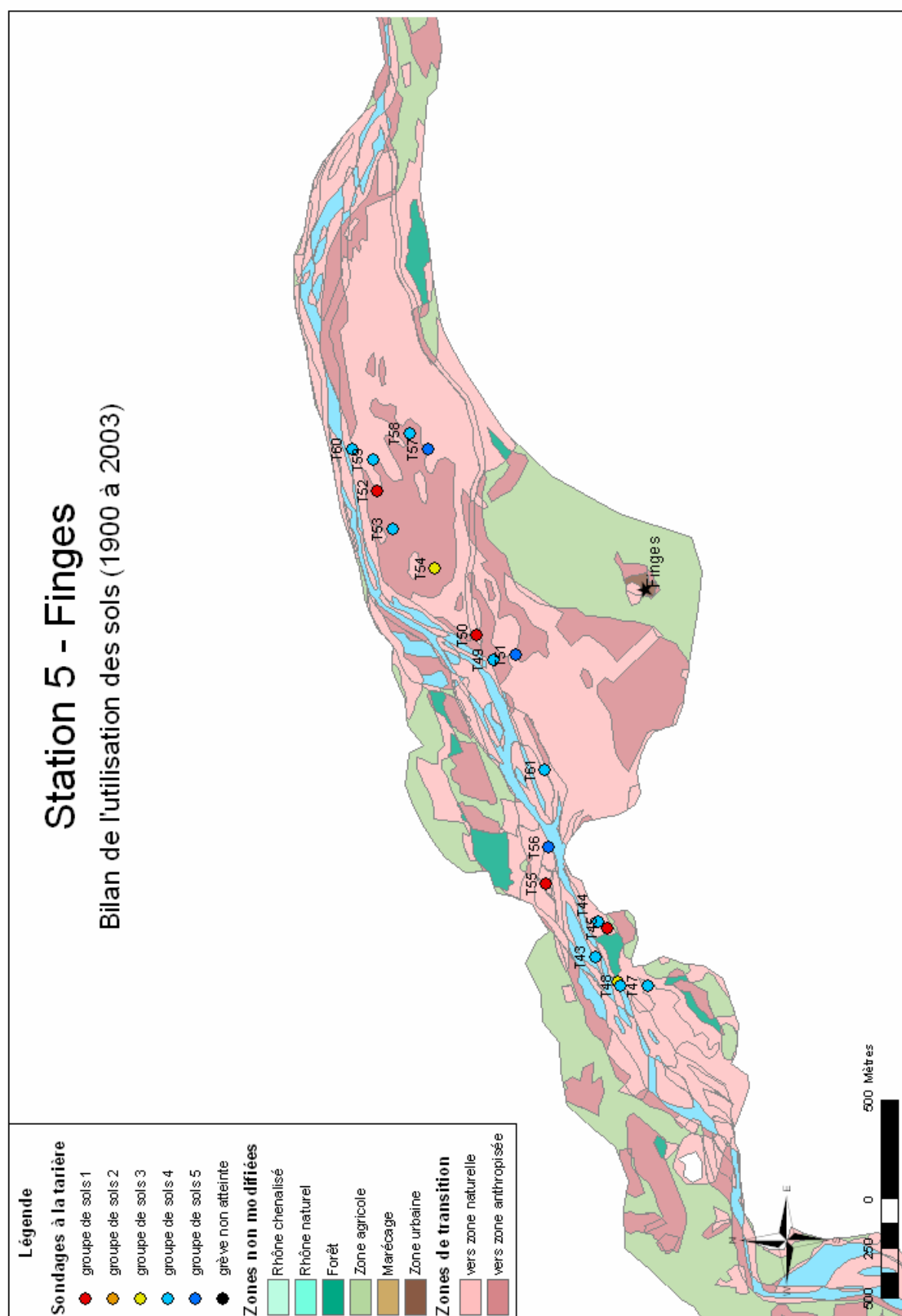
Annexe 7.9. Station 4 – La Brèche, Sierre. Bilan de l'utilisation des sols



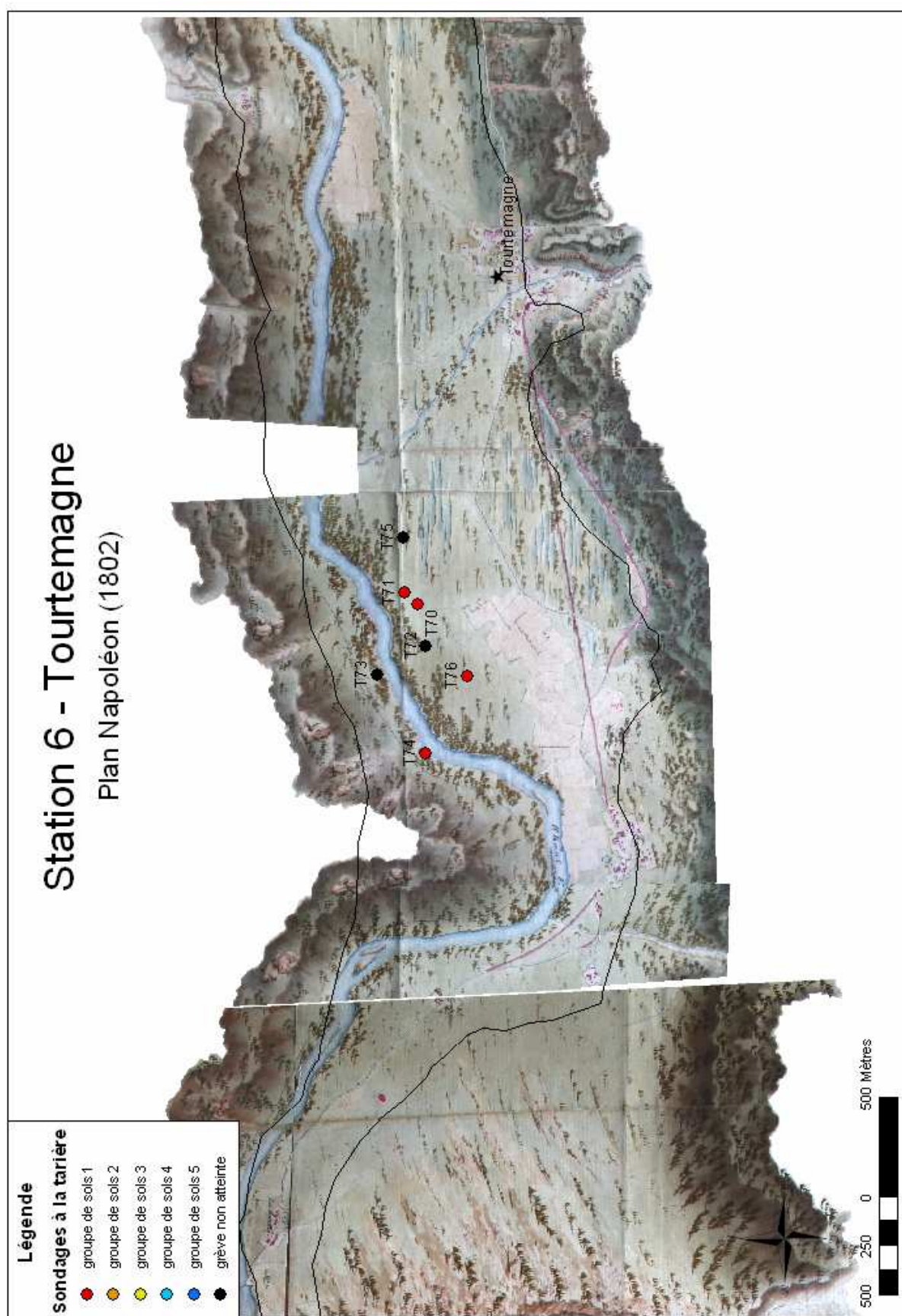
Annexe 7.10.Station 5 – Finges. Plan Napoléon



Annexe 7.11. Station 5 – Finges. Bilan de l'utilisation des sols



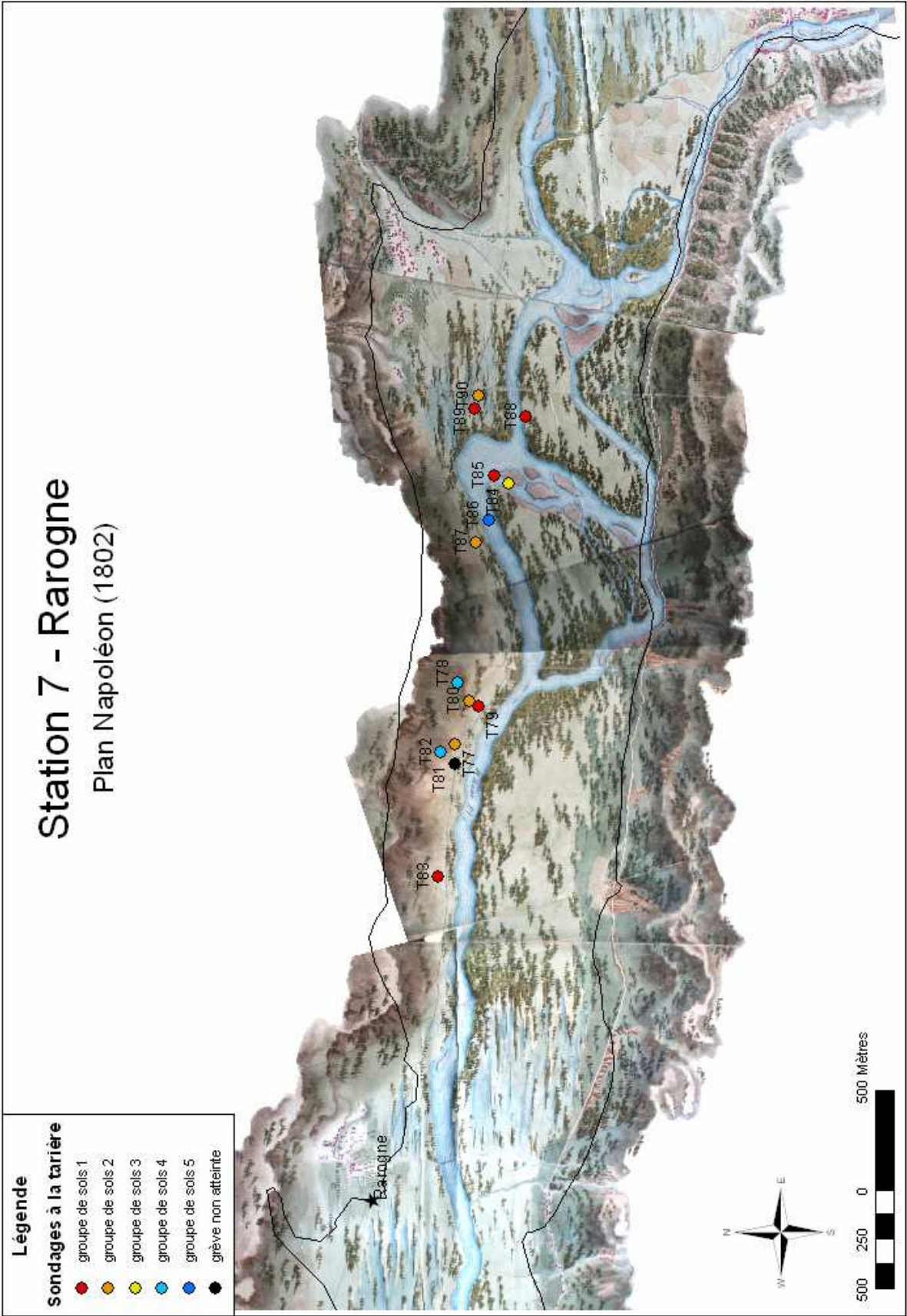
Annexe 7.12. Station 6 – Tourtemagne. Plan Napoléon



Annexe 7.13. Station 6 – Tourtemagne. Bilan de l'utilisation des sols



Annexe 7.14.Station 7 – Rarogne. Plan Napoléon



Annexe 7.15.Station 7 – Rarogne. Bilan de l’ utilisation des sols



Annexe 7.16.Station 8 – Selkingen

