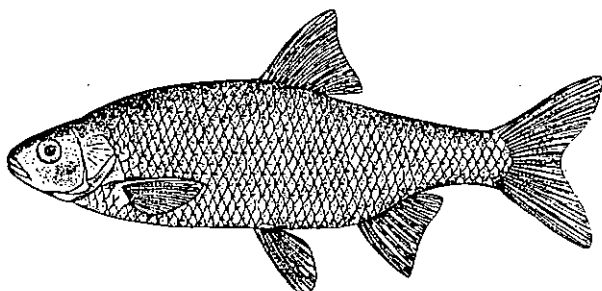


**QUELQUES ASPECTS
DE DYNAMIQUE DES POPULATIONS
DE BIOLOGIE GÉNÉRALE
ET DE BIOMÉTRIE
DU GARDON
(RUTILUS RUTILUS L.)
DANS 4 LACS
DU PLATEAU SUISSE**



THESE

présentée à la faculté des Sciences
de l'Université de Neuchâtel
pour obtenir le grade
de docteur ès Sciences
par

BLAISE ZAUGG
Licencié ès Sciences

1987

QUELQUES ASPECTS DE
DYNAMIQUE DES POPULATIONS, DE BIOLOGIE GENERALE ET DE BIOMETRIE
DU GARDON (*Rutilus rutilus* L.) DANS 4 LACS DU PLATEAU SUISSE

1 9 8 7

Par Blaise Zaugg

Institut de Zoologie
Faculté des Sciences
Université de Neuchâtel

Chemin de Chantemerle 22

CH-2000 NEUCHÂTEL 7

IMPRIMATUR POUR LA THÈSE

Quelques aspects de dynamique des populations,
de biologie générale et de biométrie du
gardon (*Rutilus rutilus* L.) dans quatre lacs
du Plateau suisse

de Monsieur Blaise ZAUGG

UNIVERSITÉ DE NEUCHÂTEL

FACULTÉ DES SCIENCES

La Faculté des sciences de l'Université de Neuchâtel,
sur le rapport des membres du jury,

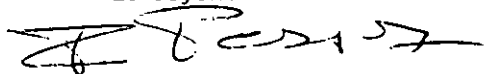
Messieurs J.-C. Pedroli, C. Mermod et

R. Müller (Kastanienbaum)

autorise l'impression de la présente thèse.

Neuchâtel, le 2 décembre 1987

Le doyen:



F. Persoz



TABLE DES MATIERES

I. INTRODUCTION =====

II. DESCRIPTION GENERALE DU ===== GARDON =====

- II.1. SITUATION TAXONOMIQUE
- II.2. GENERALITES SUR LA BIOLOGIE
- II.3. DISTRIBUTION

III. DESCRIPTION DES MILIEUX =====

- III.1. GENERALITES
- III.2. LAC DE NEUCHÂTEL
- III.3. LAC DE BIENNE
- III.4. LAC DU LOCLAT
- III.5. LAC DES QUATRE-CANTONS
- III.6. CANAL DE LA THIELLE

IV. BIOMETRIE =====

- IV.1. INTRODUCTION
- IV.2. METHODES
 - IV.2.1. Mesures
 - IV.2.2. Caractères dénombrables
 - IV.2.2.1. Dents pharyngiennes

IV.2.2.2. Décomptes des écailles

IV.2.2.2.1. Longitudinal

IV.2.2.2.2. Transversal

IV.2.2.3. Décomptes des rayons des nageoires

IV.3. RESULTATS GARDONS

IV.3.1. Relations "longueur totale/longueur du corps"

IV.3.2. Relations "longueur totale/poids"

IV.3.3. Décomptes des écailles

IV.3.3.1. Longitudinal

IV.3.3.2. Transversal

IV.3.4. Décomptes des rayons des nageoires

IV.3.5. Dents pharyngiennes

IV.3.6. Résumé des comparaisons entre les caractères biométriques

IV.4. DISCUSSION GARDONS

IV.5. RESULTATS HYBRIDES

IV.5.1. Proportion d'hybrides

IV.5.2. Types d'hybrides

IV.5.2.1. Lac de Neuchâtel

IV.5.2.2. Lac de Bienne

IV.5.2.3. Lac du Loclat

IV.6. DISCUSSION HYBRIDES

V. P O P U L A T I O N
=====

V.1. INTRODUCTION

V.2. LA PECHE DU GARDON

- V.2.1. Introduction
- V.2.2. Matériel et méthodes
- V.2.3. Résultats et discussion
 - V.2.3.1. Situation en Suisse
 - V.2.3.2. Situation des lacs étudiés
 - V.2.3.3. Détail des captures
- V.3. ANALYSE D'UNE SERIE DE PARAMETRES DES POPULATIONS
 - V.3.1. Introduction
 - V.3.2. Méthodes
 - V.3.2.1. Echantillonnage
 - V.3.2.2. Mesures
 - V.3.2.3. Déterminations d'âge
 - V.3.2.4. Croissance
 - V.4. RESULTATS
 - V.4.1. Abondance et biomasse
 - V.4.2. Maturité sexuelle
 - V.4.3. Sex-ratio
 - V.4.4. Structure des populations en place
 - V.4.4.1. Lac de Neuchâtel
 - V.4.4.2. Lac de Bienne
 - V.4.4.3. Canal de la Thielle
 - V.4.4.4. Lac du Loclat
 - V.4.4.5. Lac des Quatre-Cantons
 - V.4.5. Croissance
 - V.4.5.1. Relations "âge / longueur totale" basées sur les rétrocalculations

V.4.5.1.1. Lac de Neuchâtel

V.4.5.1.2. Lac de Bienne

V.4.5.1.3. Lac des Quatre-Cantons

V.4.5.2. Relations "âge / longueur totale" basées
sur les résultats bruts

V.5. DISCUSSION

VI. S Y N T H E S E E T C O N C L U S I O N
=====

VII. R E S U M E / Z U S A M M E N F A S S U N G /
=====

S U M M A R Y
=====

VIII. B I B L I O G R A P H I E
=====

A N N E X E S

R E M E R C I E M E N T S



I. INTRODUCTION

=====

Parmis les plus anciens Vertébrés de notre planète, se trouvent les cyclostomes et les poissons. Ces derniers peuplent depuis des millions d'années les eaux les plus diverses et constituent des stocks de nourriture considérables.

Cette abondance ainsi que les qualités nutritives des poissons ont depuis des temps immémoriaux incité la convoitise des hommes qui ont développé des méthodes de capture d'une très grande diversité.

Si jusqu'au début du XXème siècle, on pouvait considérer la pêche comme une activité artisanale, où l'action de l'homme sur les populations de poissons était modérée du point de vue biologique; actuellement, le perfectionnement des engins de pêche et la mécanisation permettent aux pêcheurs professionnels d'effectuer une exploitation intense, où le nombre d'espèces comestibles mises à contribution est étonnamment faible. En effet, les rares poissons indigènes que les Suisses daignent consommer, sont principalement constitués par les corégones (Coregonus sp), les truites (Salmo trutta ssp L.), les ombles chevaliers (Salvelinus alpinus L.), les perches (Perca fluviatilis L.) et les brochets (Esox lucius L.).

Cette intensification des prélèvements, jumelée à la pollution croissante des milieux est à la base de nombreux problèmes occupant largement les chercheurs, particulièrement les ichthyologues, dont l'intérêt principal est par la force des choses voué aux poissons dit "nobles".

Dans l'optique de favoriser ces peuplements et surtout de freiner la prolifération des espèces peu ou pas exploitées, dont l'expansion est de surcroît favorisée par l'eutrophisation des lacs, les autorités compétentes en matière de pêche ont encouragé l'élimination des poissons

aits "indésirables", constitués en majorité par des Cyprinidés, par l'introduction récente de subventions versées aux pêcheurs professionnels lors de la capture de ces espèces.

L'occasion nous a semblé opportune à la réalisation d'une étude touchant à différents aspects de la biologie générale, avec un accent particulier porté sur la dynamique de population, de l'espèce la plus touchée par ces campagnes d'éliminations, le gardon (Rutilus rutilus L.), dont les peuplements passent dans certains lacs, d'un statut peu ou pas pêché à une situation d'intense exploitation.

Nous examinons donc en premier lieu quelques aspects systématiques et biométriques de cette espèce; en second lieu, notre attention se porte sur l'évolution de la pêche du gardon en Suisse et sur les éventuelles variations qu'elle occasionne à une série de paramètres de leurs populations. Nous terminons par une mise en garde à propos de l'impact des campagnes d'éliminations sur certaines espèces dont les statuts sont précaires.

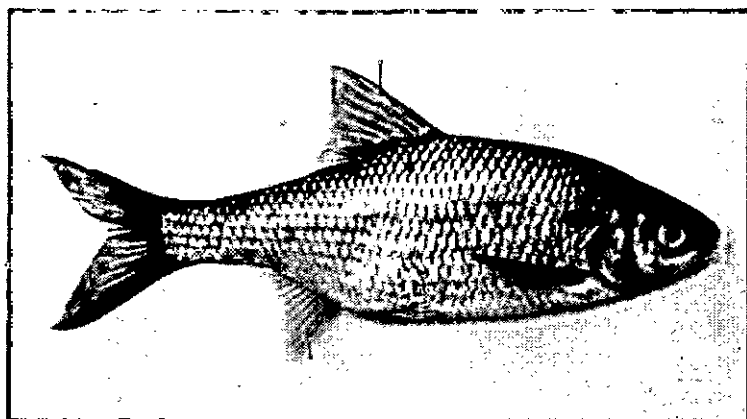


II. DESCRIPTION GENERALE DU

GARDON

Nous nous contentons ici de donner une description sommaire du gardon.

Figure 1 : Gardon



II.1. SITUATION TAXONOMIQUE

Selon HOLCIK & AL. (1971)
et STEITZ & AL. (1984).

Embranchement	: CORDES
Sous-Embranchement	: VERTEBRES
Super-Classe	: GNATHOSTOMES
Classe	: OSTEICHTHYENS
Sous-Classe	: ACTINOPTERYGIENS
Super-Ordre	: TELEOSTEENS
Ordre	: CYPRINIFORMES
Sous-Ordre	: CYPRINOIDEA
Famille	: CYPRINIDES
Genre	: RUTILUS (RAFINESQUE, 1820)
Espèce	: R. RUTILUS (LINNAEUS, 1758)

Synonymies (SPILLMANN, 1961) : *Cyprinus rutilus* (L., 1758) / *Cyprinus jaculus* (JUR., 1825) / *Leusciscus prasinus* (AG, 1835) / *Leusciscus selysi* (HECKEL, 1842) / *Leusciscus rutiloides* (SEL. LONGCH., 1842) / *Leusciscus pallens* (BLANCH., 1866) / *Leusciscus rutilus* (GUENTHER, 1868).

Noms français : gardon, gardon commun, gardon blanc.

Noms vernaculaires : vengeron, vangeron, blanchet, rousse, rosse, roche, fago, français, echatout, etc..

II.2. GENERALITES SUR LA BIOLOGIE DU GARDON

Poisson de lacs ou de rivières à courant lent, son exigence en oxygène est assez modeste. On le trouve également dans les eaux saumâtres près de l'embouchure des grands fleuves.

PEDROLI & AL.(en préparation) définissent son habitat en Suisse principalement en plaine, dans les lacs de toutes tailles, ainsi que dans les cours d'eau d'une largeur minimale d'environ 10 m (sauf exceptions).

D'instinct assez grégaire, les gardons se déplacent en bancs épars près des rives, ils regagnent souvent la "profondeur" en hiver.

La période du frai se situe au printemps, lorsque la température de l'eau avoisine 10°C, soit aux environs du mois d'avril. Les femelles déposent alors leurs ovules (selon nos mesures par volumétrie : 7350 ovules/100gr de femelle, écart-type = 1320, nombre d'individus = 13), d'un diamètre approximatif de 1 à 1,5 mm, sur la végétation aquatique à faible profondeur. Les mâles, portant des tubercules nuptiaux en forme de petits cônes, fécondent alors ces ovules, qui après une incubation de 7 à 15 jours selon la température, donnent naissance aux alevins qui

demeurent quelques temps cachés dans la végétation aquatique, puis se réunissent en bancs immenses pour longer les côtes. (FATIO, 1882; DOTRENS, 1951; SPILLMANN, 1961; QUARTIER, 1980).

Le gardon est omnivore, son régime alimentaire passe, selon les conditions, les saisons ou l'âge du poisson, du phytoplancton aux macrophytes, du zooplancton au macrobenthos, sans oublier tous les détritiques et particules susceptibles d'être assimilés. (LEFEVRE, 1940; CHEVALIER & AL., 1974; BUESSE & AL., 1987; GRABAND, 1985; HAMMER, 1985).

II.3. DISTRIBUTION DU GARDON

Sa répartition très vaste (figure 2) va de l'Angleterre à l'Ouest, à la Rivière Lena à l'Est; et de la mer de Kara au Nord, jusqu'aux affluents des mers Caspienne et d'Aral dans le Sud. WHEELER(1969) donne comme limite altitudinale maximale, 914 m.

Pour l'Europe, dans l'ensemble, on ne trouve pas cette espèce au-delà des Pyrénées et des Alpes, ni en Ecosse et Norvège, ni dans les rivières qui se jettent dans la Baie de Mourmansk ou dans l'Adriatique. On trouve d'autres espèces voisines au Sud des Alpes et des Pyrénées ainsi qu'en Turquie. (BERG, 1932; BANARESCU, 1960).

En Suisse, PEDROLI & AL. (en préparation) le recensent au Nord des Alpes, principalement dans le bassin du Rhin (figure 3) et jusqu'à 1780 m d'altitude (introduit), affinant par là les travaux de FATIO(1882).

Figure 2 : Distribution générale du gardon

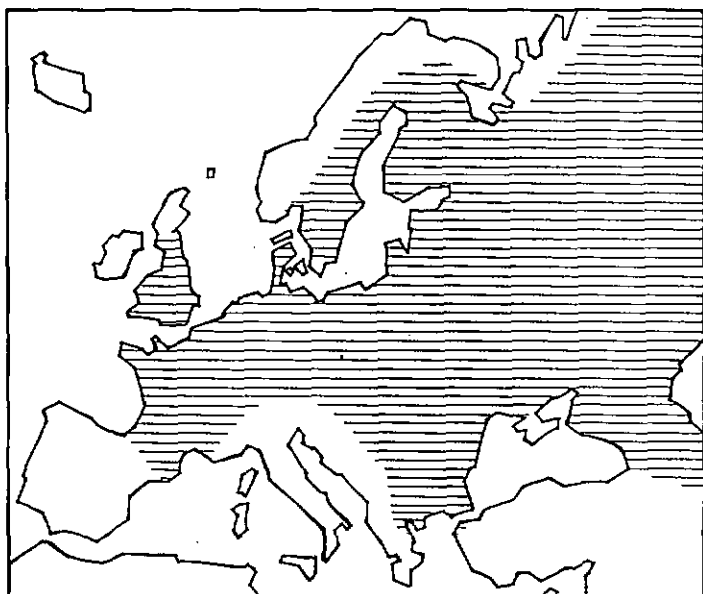
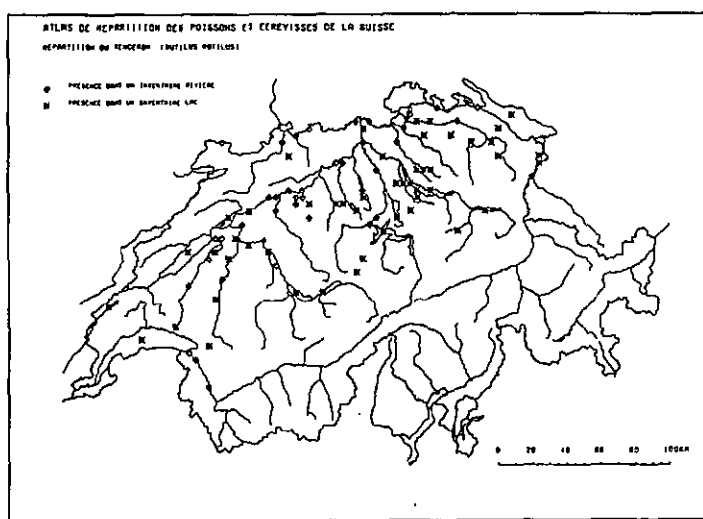


Figure 3 : Distribution en Suisse du gardon





III. DESCRIPTION DES MILIEUX

=====

III.1. GENERALITES

(figure 4)

Notre étude a pour cadre quatre lacs et un canal situés intégralement en territoire helvétique; il s'agit, par ordre de grandeur, des lacs de Neuchâtel, des Quatre-Cantons, de Bienne et du Loclat; ainsi que du canal de la Thielle reliant les lacs de Neuchâtel et de Bienne.

Tous ces milieux font partie d'une vaste région à lacs d'Europe qui était autrefois recouverte par les grands glaciers alpins.

Les lacs de Neuchâtel et de Bienne, groupés avec celui de Morat, formaient un tout après le retrait des glaciers. Suite à un abaissement naturel des eaux, ces lacs se sont individualisés, bien qu'occasionnellement encore unis lors de fortes crues. Actuellement, depuis 1889, des corrections du système fluvial font que ces trois lacs subjurassiens, nommés ainsi parce que situés au pied de la chaîne montagneuse du Jura tout à l'extérieur de l'arc alpin, encore largement reliés entre eux par les canaux de la Thielle (Neuchâtel--> Bienne) et de la Broye (Morat--> Neuchâtel), sont bien séparés (QUARTIER, 1948).

L'origine du Loclat, situé à proximité de l'extrémité Nord-Est du lac de Neuchâtel est similaire, il s'agit en fait d'un bras de ce dernier isolé secondairement à la fin de la période glaciaire (BAER, 1962).

Lac de la Suisse Centrale, le lac des Quatre-Cantons est d'origine glaciaire.

III.2. LAC DE NEUCHÂTEL

(figure 5)

Avec une surface de 214,6 km², il est le plus grand lac situé entièrement en Suisse. Son altitude est de 429,3 m. Ses longueur et largeur maximales sont respectivement de 38,3 km et de 8,1 km. Son volume est de 13,77 km³, sa profondeur maximale de 153 m et sa profondeur moyenne de 64 m. Le bassin versant du lac représente une surface de 2672 km² et ses trois principaux affluents (Thielle(Orbe), Broye et Areuse) ont chacun un débit moyen d'environ 13 m³/s, l'émissaire unique est la Thielle avec un débit d'environ 53 m³/s. Les mouvements globaux (58 m³/s) provoquent un séjour des eaux de 8 ans et 82 jours (SOLLBERGER, 1974).

Le taux de saturation en oxygène des eaux les plus profondes, ainsi que la concentration en phosphore total (actuellement en légère diminution) (graphe 1, annexe 1, page 111) permettent de qualifier ce lac de mésotrophe (POKORNI, 1983 et 1984; SERVICE CANTONAL DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT, 1984, 1985 et 1986, comm. pers.).

Toute la rive Sud ainsi que l'extrémité Nord-Est du lac sont caractérisées par des zones peu profondes et sableuses avec une végétation constituée de très vastes roselières, avec notamment Phragmites communis (L.), et de beaucoup de joncs des tonneliers (Schoenoplectus lacustris (TRIN.)), relevons de plus que Potamogeton pectinatus (L.) est la principale espèce formant les herbiers; ces régions de la zone littorale (selon QUARTIER (1948), 27 % de la surface du lac, c'est-à-dire 58 km²) représentent un biotope idéal pour la fraie de nombreuses espèces de Cyprinidés.

La faune piscicole de ce lac compte, selon l'Atlas de répartition des poissons et écrevisses de la Suisse (PEDROLI & AL., en préparation), 32 espèces de poissons.

III.3. LAC DE BIENNE

(figure 6)

Sa surface est de 39,3 km², sa longueur maximale de 15 km et sa largeur de 4,2 km. Avec des profondeurs maximale et moyenne de respectivement 74 m et 30,5 m, il atteint 1,24 km³ de volume. Son altitude est de 429,15 m. Depuis 1878, suite au remaniement fluvial, son bassin versant a passé de 3165 km² à 8305 km² (20 % du territoire Suisse), dès lors la circulation de ses eaux est de 240 m³/s (anciennement 55 m³/s) et leur séjour théorique moyen de 58 jours (anciennement 253 jours), avec comme conséquence importante l'évolution de son degré d'eutrophisation. En effet, depuis les années 60, ce lac peut être considéré comme eutrophe. (graphe 2, annexe 1, page 111).

La zone littorale, 8,6 km², représente le 22 % de la surface. (TSCHUMI & AL., 1982; TSCHUMI, 1986).

32 espèces de poissons y sont recensées (PEDROLI & AL., en préparation).

III.4. LAC DU LOCLAT

(figure 7)

En forme de cuvette, avec un fond très plat et un pourtour constitué de talus très inclinés, ce petit lac, 0,046 km², est profond d'environ 9,5 m et représente un volume de 0,0003 km³. Ses dimensions maximales avoisinent 470 m de longueur et 115 m de largeur. Son altitude est de 432 m et la surface de son bassin versant est de 0,68 km². Soumis dans les années 50 à divers travaux d'irrigation et de correction, son écoulement est actuellement très faible et il est considéré comme eutrophe (CLUB DES AMIS DE LA NATURE DE NEUCHÂTEL, 1907; BAER, 1962).

Du mois d'avril au mois d'octobre, on observe une disparition totale de l'oxygène dès 5 m de profondeur. Le phytoplancton y est "abondant", par contre il est "très pauvre" en zooplancton (ARAGNO : communication orale, 1986; SCHWEIZER & AL., 1975).

Les pêcheurs à la ligne prétendent qu'environ 6 espèces de poissons vivent dans ce lac (communications orales, 1984/86).

III.5. LAC DES QUATRE-CANTONS

(figure 8)

Il s'agit d'un lac mésotrophe tendant à nouveau à l'oligotrophie (graphe 3, annexe 1, page 111). Le renouvellement de ses eaux est de 3 ans et 142 jours (110 m³/s). Son volume est de 11,8 km³ et son bassin d'alimentation de 2124 km². Il est situé à une altitude de 433,6 m. Sa surface est de 113,6 km², sa longueur maximale de 39,8 km et sa largeur maximale de 4,2 km. Ses profondeurs maximale et moyenne sont respectivement de 214 m et 104 m (DOLDER, 1977; SOLLBERGER, 1974; STADELMANN, 1984; AMBUEHL, 1986; EAWAG, communication personnelle 1987).

Selon le recensement effectué par l'Atlas de répartition des poissons et écrevisses de la Suisse (PEDROLI & AL., en préparation), 29 espèces de poissons y vivent.

III.6. CANAL DE LA THIELLE

Reliant, artificiellement depuis la première correction des eaux du Jura, le lac de Neuchâtel au lac de Biemme, le canal de la Thielle a une longueur de 8 km, sa largeur à la surface de l'eau est de 48 à 52 m et sa profondeur avoisine les 5 m. Malgré d'occasionnels refoulements estivaux, le débit moyen des eaux en direction du lac de Biemme est de 53 m³/s et la vitesse du courant varie de 0 à 0,5 m/s (QUARTIER, 1948; SOLLBERGER, 1974).

La Thielle, dont les rives sont constituées d'enrochements et le fond de vase, appartient à la région cyprinicole.

FIGURE 4 : SITUATION GÉNÉRALE

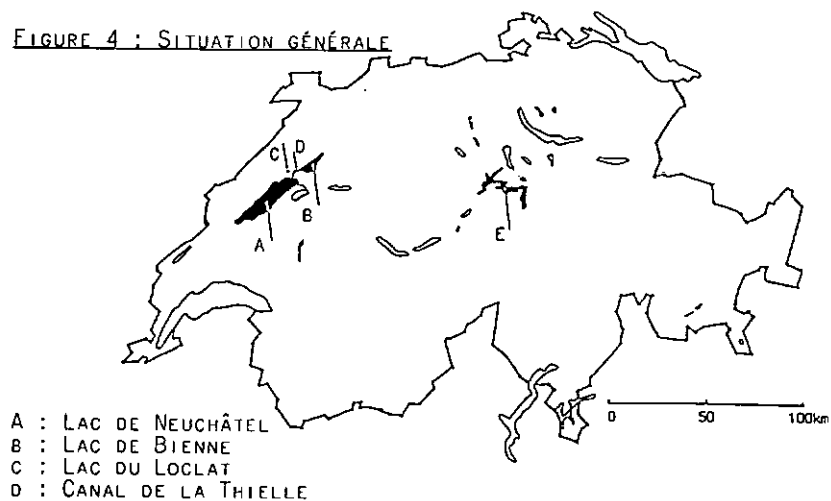


FIGURE 5 : LAC DE NEUCHÂTEL

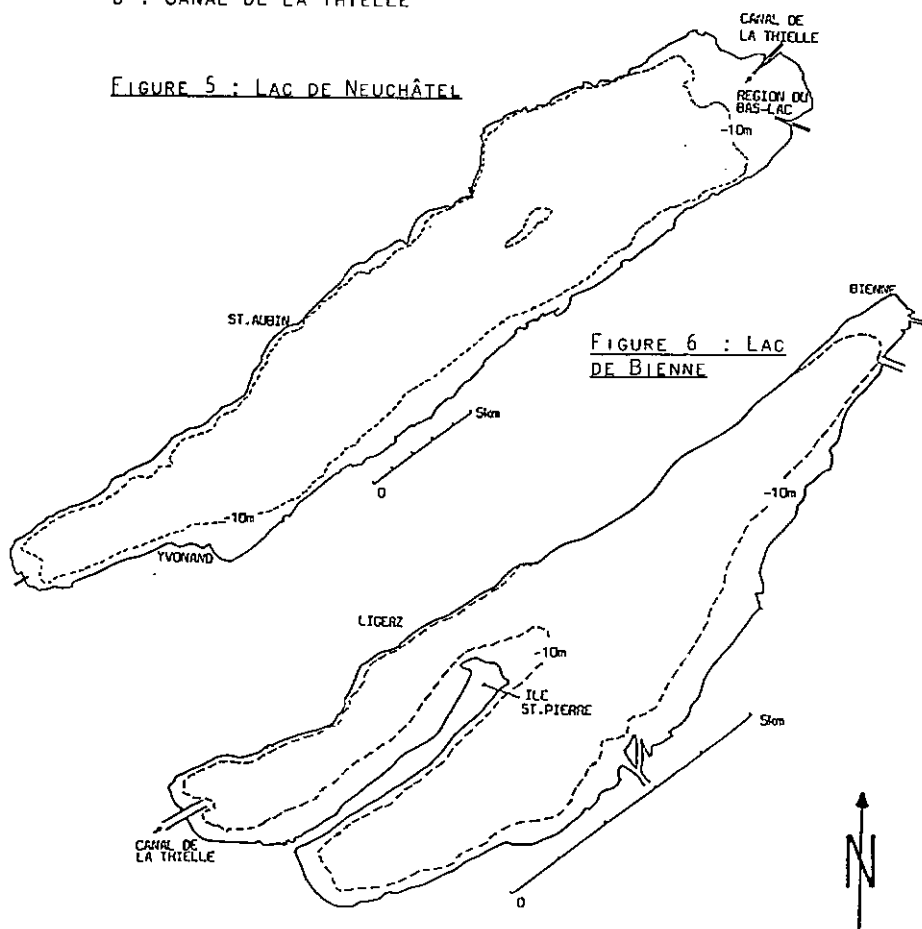


FIGURE 6 : LAC DE BIENNE

FIGURE 7 : LAC DU LOCLAT

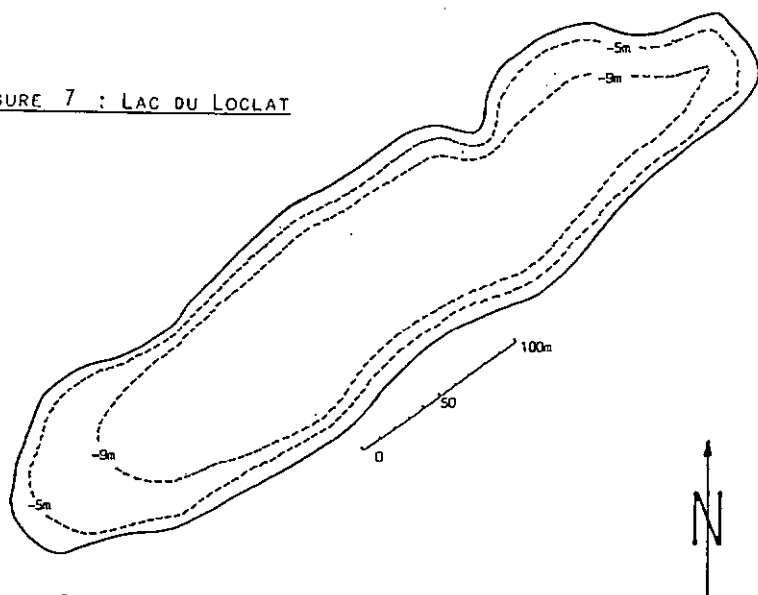
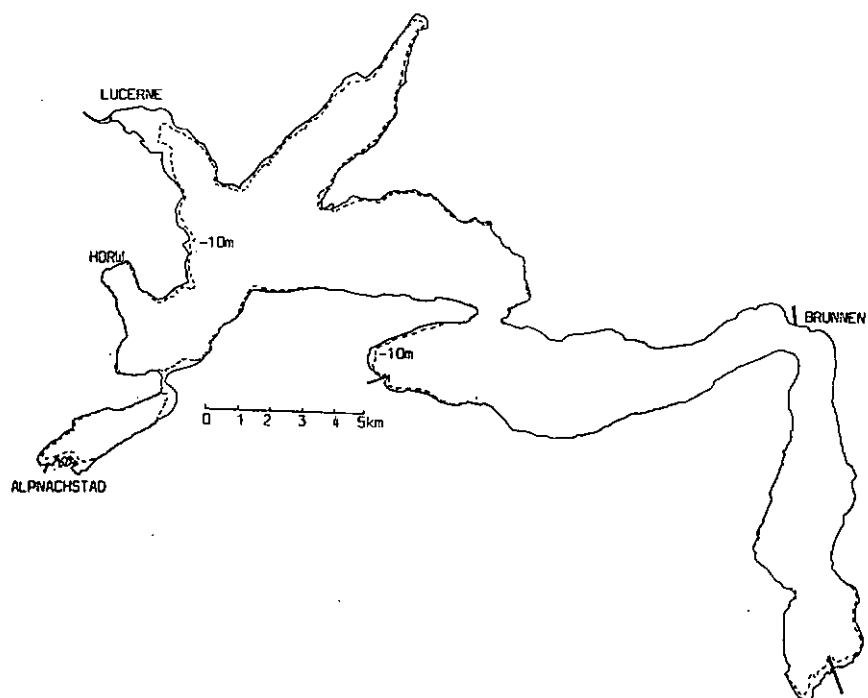


FIGURE 8 : LAC DES QUATRE-CANTONS





IV. B I O M E T R I E

=====

IV.1. INTRODUCTION

D'une manière générale, la systématique des Cyprinidés est relativement complexe. Les différences taxonomiques sont habituellement basées sur des relevés morphométriques, de nombreux caractères biométriques dénombrables ainsi que sur la structure des dents pharyngiennes.

Le gardon (Rutilus rutilus L.) est l'un des Téléostéens les plus répandus et communs de la zone Eurasienne et l'on constate, en examinant la littérature, qu'il existe de nombreuses petites différences concernant les critères de détermination les plus courants, selon les auteurs consultés; citons notamment BERG(1949) qui en décrit 11 sous-espèces. Cependant, HOLCIK & SKOREPA(1971), après avoir constaté des variations selon les facteurs de l'environnement ainsi qu'un clivage géographique Nord/Sud, regroupent toutes ces formes dans une espèce polymorphe, Rutilus rutilus (L.).

Il nous a par conséquent paru intéressant d'établir pour chacun des milieux étudiés et sur la base d'un matériel abondant, les caractères de détermination types, utilisables en détermination courante, des gardons; ceci afin de déceler d'éventuels écotypes et d'effectuer des comparaisons avec les critères établis ailleurs par d'autres auteurs.

Les cas naturels d'hybridation, au niveau spécifique et même générique, sont largement répandus chez les Cyprinidés, mais n'ont jusqu'ici pas suscité beaucoup d'intérêt chez les ichthyologistes. Par conséquent, chaque fois que nous rencontrions des difficultés à classer un cyprin selon les clés et les caractères discriminatoires connus, un examen biométrique était entrepris.

IV.2. METHODES

Le matériel provient essentiellement de pêches expérimentales effectuées au moyen de filets maillants multimailles (voir point V.3.2.1, page 50), dans les lacs de Neuchâtel, Bienne, Loclat et des Quatre-Cantons. De plus, un certain nombre d'individus provenant des prises des pêcheurs professionnels du lac de Neuchâtel ont également été examinés.

IV.2.1. Mesures

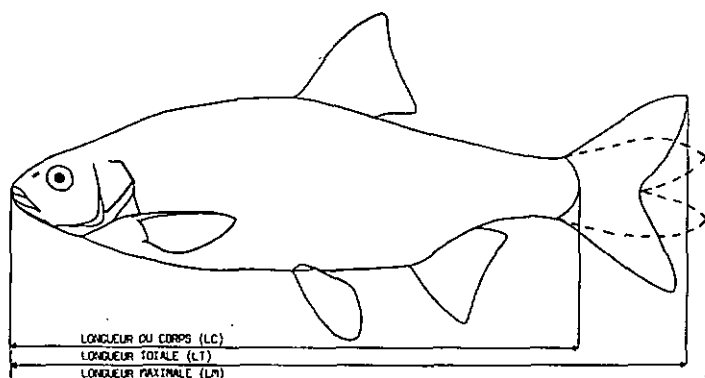
(figure 9)

Pour chaque individu, outre la provenance, la longueur totale (LT) avec la nageoire caudale normalement déployée, la longueur du corps (ou longueur standard) (LC) et le poids du poisson frais entier (PDS) ont été relevés.

Nous avons choisi d'utiliser la longueur totale dans nos résultats et c'est afin de permettre des comparaisons avec les travaux d'autres auteurs, que nous avons calculé (régression par la méthode des moindres carrés), les équations de conversion "longueur totale/longueur du corps", ceci séparément pour les populations de chacun des milieux. Pour le même motif, nous donnons en annexe 2 la relation "longueur totale/longueur maximale" (nageoire caudale rabattue) établie en Suisse pour les gardons par MUELLER (1984).

Un calcul identique, basé sur les logarithmes des données, nous a fourni les régressions relatives aux relations "longueur totale/poids". Ces différentes droites ont été comparées selon la méthode décrite par HALD (1969).

Figure 9 : Mesures de longueurs



IV.2.2. Caractères dénombrables

Les critères utilisés couramment dans les clés de détermination ont été retenus, ainsi la structure des dents pharyngiennes a été examinée et les caractères systématiques dénombrables ont été relevés, puis les résultats furent soumis à une analyse statistique sommaire destinée à fournir moyennes et écarts-types à la moyenne. Un test d'homogénéité a ensuite permis de juger si les variations entre les valeurs obtenues pour les différents milieux pouvaient être considérées comme étant significatives (seuil de sécurité de 99%), (LAMOTTE, 1971; HELLER, 1974); le cas échéant, le coefficient de différence de MAYR (1969), évaluant le taux de non recouvrement de deux échantillons, était calculé.

IV.2.2.1. Dents pharyngiennes

Les dents pharyngiennes, organes de mastication et de broyage particuliers aux Cyprinidés, ont été prélevées après ablation des opercules et des arcs branchiaux. Elles ont ensuite été examinées à la loupe binoculaire.

IV.2.2.2. Décomptes des écailles
(figure 10)

Trois décomptes d'écailles ont été effectués.

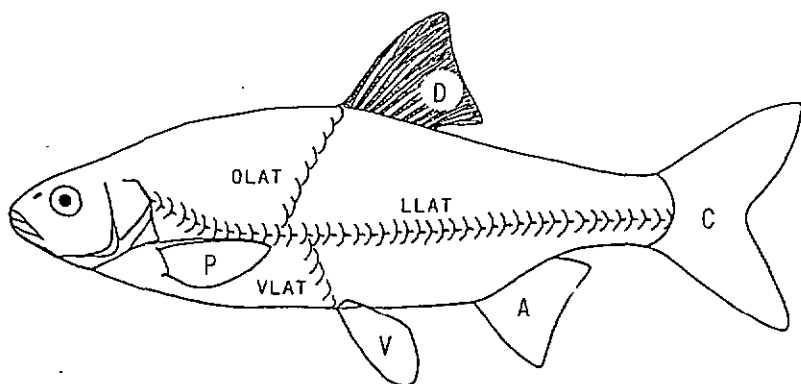
IV.2.2.2.1. Longitudinal : comptage des écailles canaliculées de la ligne latérale (ex : LLAT=42).

IV.2.2.2.2. Transversal : comptage des écailles dorso-latérales, reliant le premier rayon de la nageoire dorsale à la ligne latérale, et ventro-latérales, reliant le premier rayon de la nageoire ventrale à la ligne latérale (ex : DLAT=8 et VLAT=I+5, le I représente l'écaille canaliculée de la ligne latérale).

IV.2.2.3. Décomptes des rayons des nageoires
(figure 10)

Dénombrement des rayons mous des nageoires dorsales (D), caudales (C), anales (A), ventrales (V) et pectorales (P). La lettre désigne la nageoire, ainsi par exemple $D=III+10$, signifie que la nageoire dorsale présente 3 rayons durs précédant 10 rayons mous.

Figure 10 : Localisation des décomptes d'écailles et de rayons des nageoires



IV.3. RESULTATS GARDONS

IV.3.1. Relations "longueur totale / longueur du corps" (figure 11)

Les équations exprimant le plus fidèlement les conversions "longueur totale (LT)/longueur du corps (LC)" sont les suivantes :

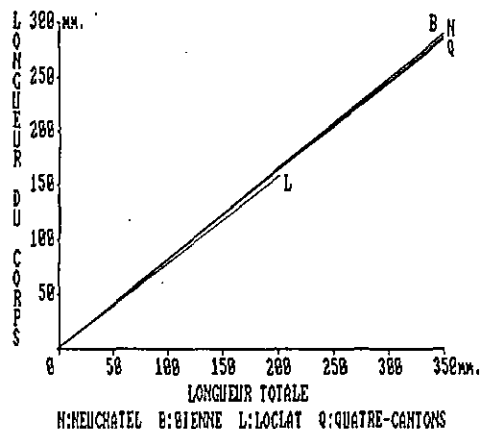
Lac de Neuchâtel : $LC = 0,8215 LT + 0,757$ $r=0,999$ $n=1824$

Lac de Biemme : $LC = 0,8354 LT - 1,340$ $r=0,999$ $n= 200$

Lac du Loclat : $LC = 0,7980 LT + 1,101$ $r=0,989$ $n= 234$

Lac des 4-Cantons : $LC = 0,8150 LT + 1,804$ $r=0,997$ $n= 94$

Figure 11 : Relations "longueur totale / longueur du corps"



Pour les trois grands lacs, la relation "longueur du corps/longueur totale" est identique ($P < 0,01$). Les gardons du Loclat présentent quant à eux, à longueur du corps égale, une longueur totale légèrement supérieure, autrement dit leurs nageoires caudales sont proportionnellement plus longues que celles des individus provenant des autres lacs ($P < 0,01$).

IV.3.2. Relations "longueur totale / poids"

(figure 12)

Les tests statistiques conventionnels n'ayant relevé, pour cette relation, des différences significatives ($P < 0,01$) entre les sexes que pour les gardons du lac de Neuchâtel, nous nous contentons ici à des fins de simplification de relater les résultats pour mâles et femelles confondus :

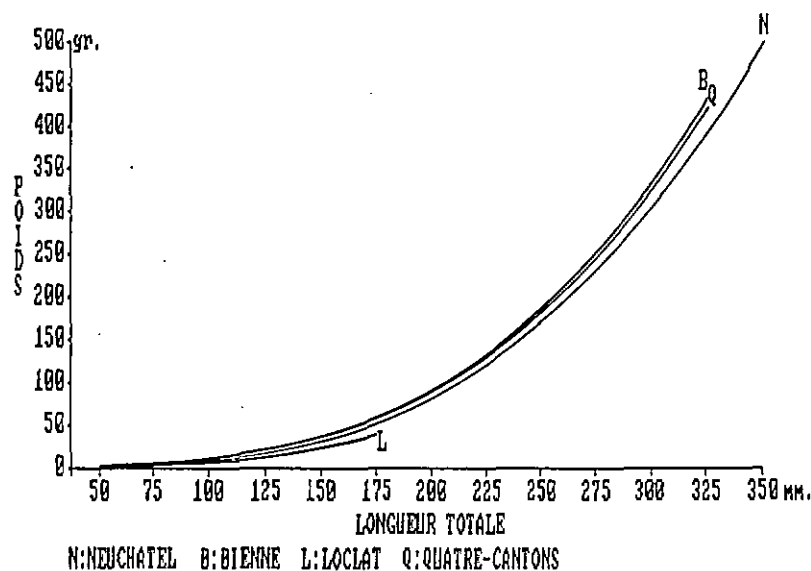
Lac de Neuchâtel : $PDS = 4,342 \cdot 10^{-6} \cdot LT^{3,169}$ $r=0,994$ $n=2020$

Lac de Biemme : $PDS = 3,356 \cdot 10^{-6} \cdot LT^{3,225}$ $r=0,992$ $n= 200$

Lac du Loclat : $PDS = 2,127 \cdot 10^{-5} \cdot LT^{2,807}$ $r=0,962$ $n= 179$

Lac des 4-Cantons : $PDS = 3,773 \cdot 10^{-6} \cdot LT^{3,211}$ $r=0,994$ $n= 94$

Figure 12 : Relations "longueur totale / poids"



Proportionnellement, les individus du Loclat sont significativement les plus légers, viennent ensuite ceux

de Neuchâtel, puis ceux des Quatre-Cantons. Les plus lourds sont les gardons capturés à Bienne ($P < 0,01$).

IV.3.3. Décomptes des écailles

IV.3.3.1. Longitudinal

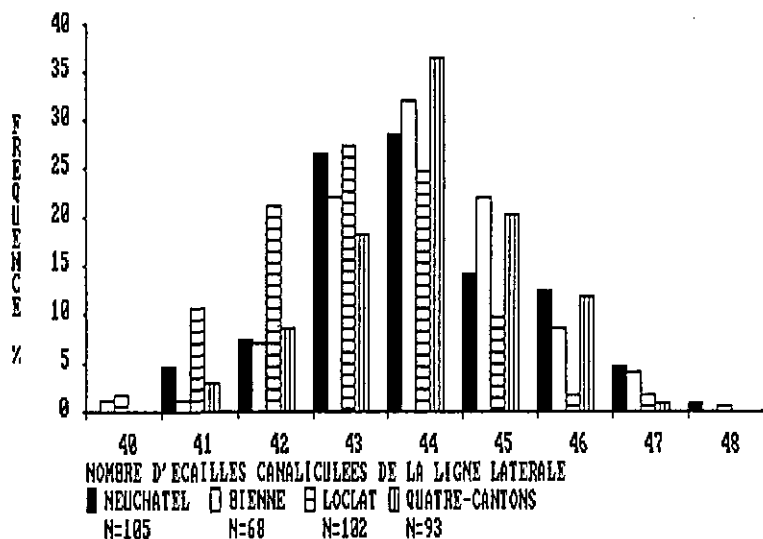
(figure 13 / tableau 1)

On observe une stabilité évidente du caractère entre les individus provenant des 4 lacs étudiés. La moyenne est néanmoins légèrement inférieure pour les gardons du Loclat ($P < 0,01$).

Tableau 1 : Résultats du décompte des écailles canaliculées de la ligne latérale

	Neuchâtel	Bienne	Loclat	4-Cantons
nombre moyen	44,01	44,06	43,13	44,02
écart type	1,48	1,37	0,64	1,27
nombre d'individus	105	68	113	93

Figure 13 : Fréquence des nombres d'écailles canaliculées de la ligne latérale



IV.3.3.2. Transversal

(figures 14 et 15 / tableau 2)

Les moyennes des nombres d'écaïlles dorso-latérales des échantillons sont "similaires" à un degré de certitude de 99% pour les 4 localités, néanmoins une différence significative à 95% de ce caractère existe entre les gardons issus du lac de Neuchâtel et ceux du Loclat .

Seules les moyennes des écaïlles ventro-latérales des populations des lacs de Neuchâtel et de Bienne ainsi que celles des lacs du Loclat et des Quatre-Cantons ne diffèrent pas significativement ($P > 0,05$).

Tableau 2 : Résultats des décomptes des écaïlles transversales

	Neuchâtel	Bienne	Loclat	4-Cantons
<u>Ec.dorso-latérales</u>				
nombre moyen	7,87	7,88	8,03	7,95
écart type	0,43	0,48	0,64	0,31
nombre d'individus	110	65	102	92
<u>Ec.ventro-latérales</u>				
nombre moyen	4,03	4,08	3,88	3,93
écart type	0,22	0,37	0,33	0,26
nombre d'individus	107	65	90	94

IV.3.4. Décomptes des rayons des nageoires

(figures 16, 17, 18 et 19 / tableau 3)

Lorsque l'on compare les graphes relatifs aux nombres de rayons des nageoires (D, A, V et P), l'on constate d'une manière générale, que pour les gardons issus des quatres milieux différents, les nombres de rayons des diverses nageoires sont chaque fois compris dans la même fourchette.

Des différences hautement significatives ($P < 0,01$) entre les moyennes existent cependant :

- pour les nageoires dorsales des gardons des lacs de Bienne et de Neuchâtel ainsi que de Bienne et du Loclat.

Figure 14 : Fréquence des nombres
d'écaïlles dorso-latérales

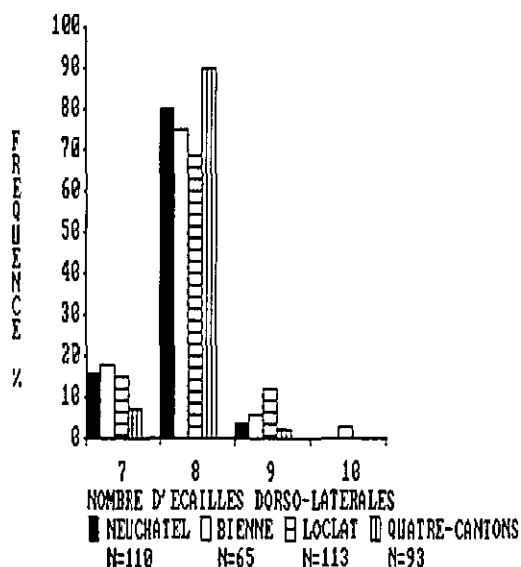
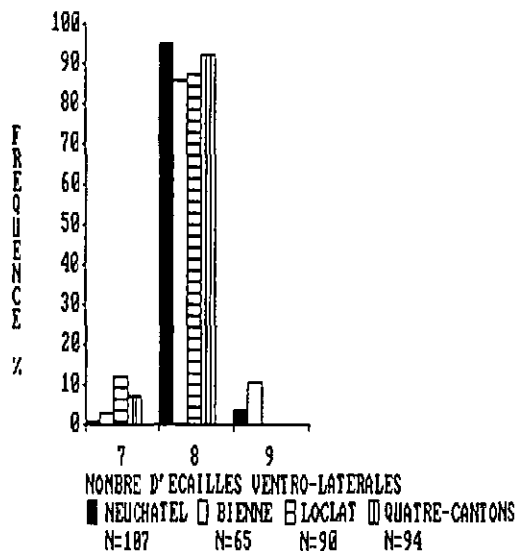


Figure 15 : Fréquence des nombres
d'écaïlles ventro-latérales



- pour les nageoires anales des individus issus des lacs du Loclat et des Quatre-Cantons, du Loclat et de Bienne ainsi que des Quatre-Cantons et de Neuchâtel.
- pour les nageoires ventrales des poissons provenant des lacs de Neuchâtel et du Loclat.
- pour les nageoires pectorales des gardons du lac des Quatre-Cantons avec celles des poissons issus des trois autres milieux. Citons de plus la différence significative à 95% observée pour ce caractère entre les poissons du lac de Bienne et ceux du Loclat.

Tableau 3 : Résultats des décomptes des rayons des nageoires

	Neuchâtel	Bienne	Loclat	4-Cantons
<u>Rayons nag.dorsales</u>				
nombre moyen	9,92	10,06	9,91	10,01
écart type	0,40	0,30	0,33	0,47
nombre d'individus	113	77	139	95
<u>Rayons nag.caudales</u>				
nombre moyen	19	19	19	19
écart type	0	0	0	0
nombre d'individus	46	41	25	54
<u>Rayons nag.anales</u>				
nombre moyen	10,16	10,31	10,10	10,36
écart type	0,49	0,59	0,53	0,58
nombre d'individus	115	77	160	95
<u>Rayons nag.ventrales</u>				
nombre moyen	7,92	7,97	7,99	7,98
écart type	0,27	0,23	0,15	0,21
nombre d'individus	115	76	139	95
<u>Rayons nag.pectorales</u>				
nombre moyen	15,94	16,05	15,77	16,85
écart type	0,80	0,73	0,81	0,82
nombre d'individus	115	75	133	95

Figure 16 : Fréquence des nombres
de rayons de la nageoire dorsale

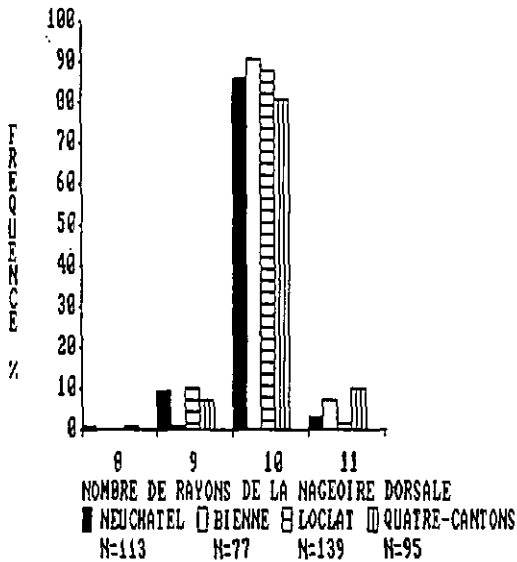


Figure 17 : Fréquence des nombres
de rayons de la nageoire anale

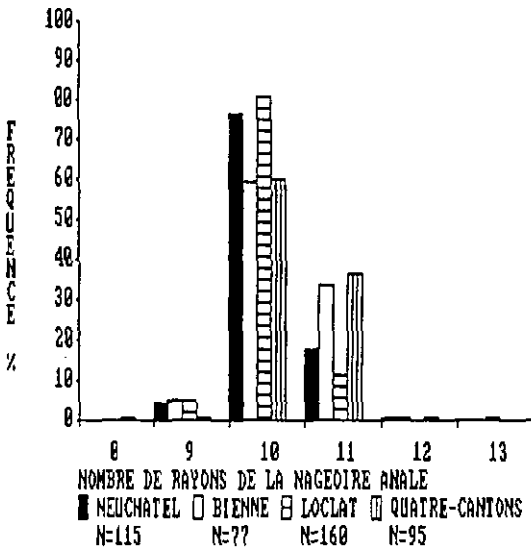


Figure 18 : Fréquence des nombres
de rayons des nageoires ventrales

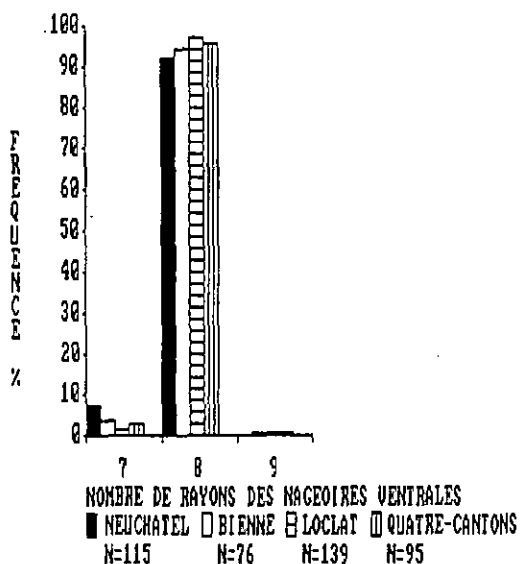
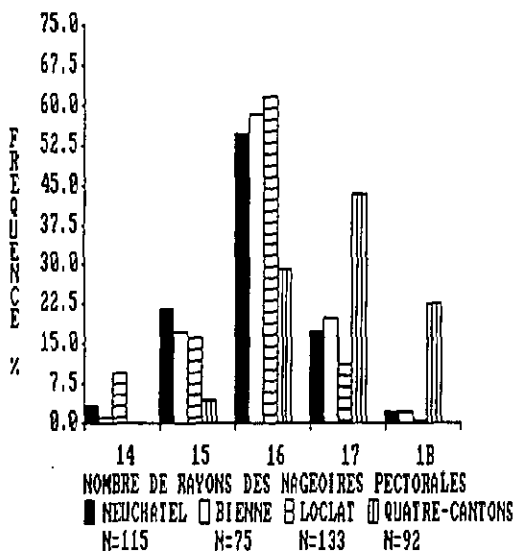


Figure 19 : Fréquence des nombres
de rayons des nageoires pectorales



IV.3.5. Dents pharyngiennes
(figures 20 et 21 / tableau 4)

La structure des dents pharyngiennes des individus diffère sensiblement en fonction de leur provenance; en effet, la majorité (55%) des poissons du Loclat présente 5 dents, alors que pour les gardons des trois autres milieux, elle se situe à 6 dents (51 à 61%). La moyenne des dents des échantillons du Loclat diffère d'ailleurs significativement ($P < 0,01$) de celles des individus provenant des autres lacs.

Tableau 4 : Résultats du décompte des dents pharyngiennes

	Neuchâtel	Bienne	Loclat	4-Cantons
nombre moyen	5,49	5,53	5,15	5,57
écart type	0,71	0,63	0,66	0,56
nombre d'individus	88	77	124	89

Figure 20 : Fréquence des nombres de dents pharyngiennes

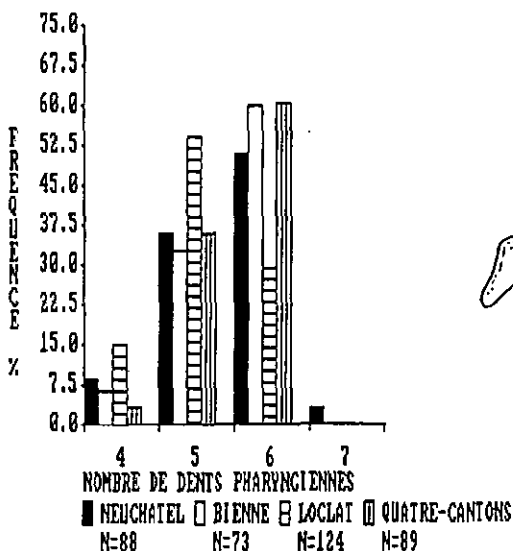


Figure 21 : Structure des dents pharyngiennes



IV.3.6. Résumé des comparaisons entre les caractères
biométriques / tableau 5

Rappelons que c'est seulement lorsque le test de signification était positif, que le coefficient de différence de MAYR(1969) a été calculé.

Tab. 5

	NEU/LOC		BIE/LOC		4CA/LOC		NEU/BIE		NEU/4CA		BIE/4CA	
	SIG	CD	SIG	CD	SIG	CD	SIG	CD	SIG	CD	SIG	CD
LC/LT	++		++		++							
LT/PDS	++		++		++		++		++		++	
LLAT	++	-	++	-	++	-						
DLAT	+	-										
VLAT	++	-	++	-					++	-	++	-
D			++	-			++	-				
A			++	-	++	-	++	-	++	-		
C												
V	++	-										
P			+	-	++	-			++	-	++	-
DENTS	++	-	++	-	++	-						
NB. CAS POSITIFS	7		8		6		3		4		3	

SIG=test de signification: ++ = différence hautement
significative ($P < 0,01$).

+ = différence significative
($P < 0,05$).

CD=coefficient de différence: - = taux de non recouvrement
des deux distributions
inférieur à 75%.

IV.4. DISCUSSION GARDONS

Quelques conclusions préliminaires, relatives à nos propres résultats s'imposent :

- les relations entre la longueur et le poids ne sont pas directement prises en compte dans les considérations biométriques, ceci pour des raisons qui seront discutées plus loin.
- l'examen des graphes relatifs aux relations "longueur totale/longueur du corps", ainsi que de ceux relatifs aux caractères dénombrables, montre à l'évidence, malgré de légères différences, une forte similitude entre les gardons provenant des différents lacs.
- rappelons que les calculs des relations "longueur totale /longueur du corps" n'avaient pas comme but exclusif la différenciation en écotypes des gardons prélevés dans tel ou tel milieu. Ces équations devaient également permettre la comparaison de nos mesures avec celles d'autres auteurs. Néanmoins, la différence significative entre la relation établie pour les gardons du Loclat et celles, similaires entre-elles, calculées pour les autres lacs, mérite d'être retenue ($P < 0,01$). Les poissons du Loclat diffèrent des individus capturés dans les autres milieux, par une relation "longueur - corps / longueur - nageoire caudale" sensiblement plus élevée.
- des différences significatives existent également parfois entre les caractères dénombrables moyens des populations de poissons provenant de ces différents milieux. Dans ces cas, le calcul du coefficient de différence de MAYR(1969) a été effectué afin de définir si les populations pouvaient être, sur la base des caractères retenus, distinguées les unes des autres. Il ressort de ces calculs qu'aucune distinction fiable n'est possible (% de non recouvrement maximum inférieur à 75%)(voir point IV.3.6.).

- les valeurs, parfois légèrement inférieures (caractères dénombrables), trouvées pour les poissons du Loclat, ont probablement été accentuées par les difficultés éprouvées lors des comptages; en effet, les individus provenant de ce lac sont, comme nous le verrons plus tard, d'une taille notablement inférieure à celle des individus issus des autres milieux investigués.

Il ressort néanmoins que : les gardons issus des lacs de Neuchâtel et de Bienne ne diffèrent que faiblement par deux caractères. Les différences entre ces poissons et ceux du lac des Quatre-Cantons sont un peu plus prononcées, citons notamment le faible nombre d'écaillés ventro-latérales et surtout le grand nombre de rayons des nageoires pectorales des individus provenant de ce lac. Les gardons du Loclat divergent des autres par plusieurs caractères, 5 différences sont constatées avec les poissons issus du lac des Quatre-Cantons, 6 avec ceux de Neuchâtel et 7 avec les individus provenant du lac de Bienne.

Les "anciens" auteurs décrivaient de nombreuses sous-espèces de gardons (FATIO, 1882; BERG, 1949). Actuellement, les chercheurs s'accordent, citons notamment SPILLMANN(1961), HOLCIK & AL.(1971), pour regrouper toutes ces formes dans une espèce polymorphe, Rutilus rutilus(L.), fortement influencée par les facteurs de l'environnement. C'est pour cette raison que nous n'avons pas jugé utile d'entreprendre une analyse statistique multivariée dont le but aurait été de différencier absolument les populations étudiées.

On peut néanmoins facilement, sur la base de nos résultats, définir trois polymorphes, à savoir : un regroupant les populations des lacs de Neuchâtel et de Bienne qui, rappelons le, sont très proches et largement reliés entre-eux. Un autre écotype concerne les gardons du Loclat, lac qui bien que très proche géographiquement des deux lacs cités précédemment possède des caractéristiques morphologiques, biologiques et biochimiques très

différentes. Enfin la troisième forme comprend les individus du lac des Quatre-Cantons, lac géographiquement éloigné des précédents.

Fort des conclusions ci-dessus émises, il nous est possible d'établir des caractéristiques systématiques types, utilisables en détermination courante (la relation LT/LC n'est pas considérée car la comparaison de droites de régression nécessite de nombreux critères rarement cités par les auteurs), valables pour les gardons provenant des 4 lacs étudiés :

- écailles canaliculées de la ligne latérale	40 - 48
- écailles dorso-latérales	7 - 10
- écailles ventro-latérales	I + 3 - 5
- rayons nageoires dorsales	III + 8 - 11
- rayons nageoires caudales	19
- rayons nageoires anales	III + 8 - 13
- rayons nageoires ventrales	I + 7 - 9
- rayons nageoires pectorales	I + 14 - 18
- dents pharyngiennes (sur un rang)	4 - 7

Il apparaît que la stabilité régionale observée, ainsi que la comparaison avec les autres auteurs suisses (FATIO, 1882; QUARTIER, 1980; PEDROLI, 1983) - la fourchette de nos résultats englobant largement leurs descriptions - permet d'extrapoler la description systématique ci-dessus aux gardons (Rutilus rutilus L.) présents dans les eaux helvétiques.

La provenance du matériel est importante, beaucoup d'auteurs l'ont obtenu dans des milieux différents ou des musées. Les résultats de FATIO(1882) ainsi que ceux de QUARTIER(1980) sont basés sur l'examen de poissons récoltés en Suisse; PEDROLI(1983) a obtenu ses gardons dans un petit lac du Plateau suisse (Seedorf FR) et SPILLMANN (1961) quant à lui, tire ses critères d'individus issus "d'eaux françaises". Ceux de LIBOVARSKY & AL.(1984) proviennent de gardons vivant dans un lac de retenue situé dans le cours inférieur de la rivière Dyje en Tchécoslovaquie. Les critères d'HOLCIK & AL.(1971) résultent d'une synthèse de prélèvements effectués sur

toute l'aire de répartition de l'espèce et représentent par conséquent les critères extrêmes du gardon (Rutilus rutilus L.).

Tableau 6 : Synthèse des descriptions biométriques du gardon

	FATIO (1882)	QUARTIER (1980)	PEDROLI (1983)	SPILLMANN (1961)	HOLCIK (1971)	LIBOV. (1984)	PRESENT TRAVAIL
LLAT	40-46	41-45	41-46	42-45(46)	36-47	39-43	40-48
DLAT	7-8(9)	-	8(9)	7-8	-	7-9	7-10
VLAT	3-4	-	4(5)	(3)4-5	-	3-4	3-5
D	9-11	8-11	-	9-11	7-11	10-11	8-11
C	19	-	-	(18)19	-	18-20	19
A	9-13	8-11	10-12	9-11	7-13	10-12	8-13
V	8-9	-	-	7-8	-	7-9	7-9
P	(14)15-18	-	-	15-18	-	12-15	14-18
DENTS	5-6	-	5-6	5-6	-	5-6	4-7

La comparaison entre les descriptions faites par les différents auteurs conduit aux réflexions suivantes :

- il est dommage que le calcul des critères moyens ne soit pas plus généralisé. L'examen des moyennes permettrait des comparaisons biométriques plus fines entre les différentes descriptions, et permettrait ainsi de distinguer les éventuels écotypes.
- avec 48 écailles le long de la ligne latérale, ou seulement 4 dents pharyngiennes, nous avons même dépassé les extrêmes "connus". Il faut néanmoins remarquer qu'HOLCIK & AL.(1971), en résumant leurs descriptions et celles de différents auteurs, citent de rares cas où les lignes latérales comptent également 48 écailles.

- les critères des gardons français (SPILLMANN, 1961) sont identiques aux nôtres, malgré d'occasionnels cas où la nageoire caudale ne présente que 18 rayons.
- si l'on compare aux critères obtenus par les auteurs suisses et français, qui d'une manière générale sont compris dans les mêmes fourchettes, ceux de LIBOVARSKI & AL.(1984), on remarque que les nombres d'écaillés de la ligne latérale et de rayons des nageoires pectorales sont plus faibles. La fourchette du nombre de rayons des nageoires caudales quant à elle, est plus large. Il apparaît, lors de la comparaison avec les critères extrêmes présentés par HOLCIK & AL.(1971), que leurs minimas sont nettement inférieurs à ceux des autres auteurs.

Les divergences constatées entre ces différentes descriptions peuvent être attribuées au polymorphisme du gardon et au fait que les échantillons proviennent, surtout pour la description d'HOLCIK & AL.(1971), de stations très éloignées et/ou différentes. Ces auteurs affirment par exemple que les branchiospines et le nombre d'écaillés de la ligne latérale augmentent au Nord et BARLOW(1961) souligne des variations Nord/Sud du nombre de vertèbres.

L'utilisation de la relation "longueur totale/poids" comme critère de détermination spécifique n'est évidemment pas envisageable. Cependant cette relation, directement dépendante du milieu, est susceptible de fluctuer entre écotypes d'une même espèce.

L'établissement des meilleures régressions relationnelles entre la longueur et le poids sont pour différentes raisons, variables et discutées. Citons MANN(1973) et BURROUGH & AL.(1979) qui après avoir établi des relations longueur/poids (frais) séparément pour les immatures, les mâles et les femelles, ceci pour différentes périodes annuelles, concluent qu'il n'existe aucune différence

significative ($P > 0,05$) entre ces divers groupes de gardons et entre les différentes périodes de mesures; ils calculent dès lors des équations uniques. A l'opposé, GOLDSPIK(1979) prétend qu'une régression commune n'est pas représentative, il opte pour des prélèvements à date fixe et distingue mâles et femelles. MUELLER & AL.(1986) séparent également les sexes et concluent à un accroissement pondéral supérieur chez les femelles.

A ces diverses méthodes, s'ajoute le fait que les mesures de longueurs ne sont pas standardisées (longueur du corps, à la fourche ou totale). Les comparaisons entre les données des différents auteurs sont donc fort compromises.

Nos courbes relationnelles entre le poids et la longueur totale (figure 12, p.18) sont établies sur des données brutes prenant en compte le poids frais à la capture, cette mesure étant selon RICKER(1980) la plus fréquemment utilisée en recherche piscicole. Néanmoins, pour pouvoir apporter quelque crédit à ces relations, il convient de les utiliser précautionneusement, en tenant compte des faits suivants :

- le poids est susceptible de varier avec le sexe, l'état de maturité sexuelle, la saison, le milieu, l'état de nutrition, etc... De la période d'échantillonnage dépend donc dans une large mesure le poids moyen pour une longueur donnée.
- nous avons exclu l'examen des différences pondérales entre sexes. Nos courbes et équations s'appliquent donc aux sexes réunis, cependant la structure particulière du sex-ratio, qui comme nous le verrons plus loin, comporte une proportion dérisoire de mâles, fait que ces relations "longueur totale/poids" sont établies presque exclusivement sur des individus femelles.

Les mesures pour le lac de Neuchâtel sont faites sur la base de nombreux prélèvements effectués en toutes saisons sur un laps de temps de plusieurs années, la relation obtenue permet donc une approche assez fidèle de la moyenne pondérale annuelle pour une longueur donnée.

Les périodes d'échantillonnages (printanières et/ou estivales) dans les lacs de Bienne et des Quatre-Cantons sont sans doute à la base de la légère différence pondérale d'avec les gardons du lac de Neuchâtel. En effet, comme nous le verrons plus loin (figure 44, p.68), la croissance est identique dans ces trois lacs et il est peu probable qu'une différence réellement significative de poids existe.

Eté comme hiver des prélèvements ont été effectués dans le Loclat, la courbe "longueur totale/poids" semble donc réaliste. La pauvreté en ressources alimentaires (ARAGNO, communication orale, 1986; SCHWEIZER & AL., 1975) de ce lac explique la faible croissance des gardons le peuplant.

Des courbes basées sur le poids nominal ou sur le poids frais de poissons capturés à une période "identique" permettraient de comparer les populations issues des différents milieux avec plus d'efficacité. On constate cependant que cette relation met également en évidence la présence d'écotypes, particulièrement pour les gardons du lac du Loclat.

IV.5. RESULTATS HYBRIDES

IV.5.1. Proportion d'hybrides

Sur l'ensemble des prélèvements de gardons effectués dans le cadre de nos recherches, le pourcentage d'hybrides de Cyprinidés par rapport aux captures globales, varie considérablement d'un lac à l'autre. La proportion d'hybrides semble augmenter "proportionnellement" avec la diminution de la dimension du lac.

Tableau 7 : Proportion d'hybrides

	Neuchâtel	Bienne	Loclat	4-Cantons
total des captures	1785	204	255	94
nombre de gardons	1764	200	234	94
nombre d'hybrides	21	4	21	0
% d'hybrides	1,18%	1,96%	8,24%	0%
surface du lac (km ²)	214,6	39,3	0,046	113,6

IV.5.2. Types d'hybrides

FATIO(1882), NIKOLJUKIN(1948), BERG(1949), DOTTRENS(1951), SPILLMANN(1961), décrivent quantités d'hybridations possibles entre Cyprinidés. L'analyse des critères morphologiques dénombrables des hybrides issus de nos propres échantillonnages permet d'émettre quelques hypothèses quant à leurs origines.

IV.5.2.1. Lac de Neuchâtel

15 individus (71,4% des hybrides correspondent à la description de la brème de Buggenhagen résultat du croisement intergénérique entre la brème franche (Abramis brama L.) et le gardon (Rutilus rutilus L.).

Tableau 8 : Caractères biométriques des brèmes de Buggenhagen du lac de Neuchâtel

No.	-écailles-		-----nageoires-----					DENTS	GONADES
	LLAT	TRANS	D	C	A	V	P		
1	50	10/5	10	19	17	8	17	5	?
2	48	13/4	10	19	16	8	17	5	?
3	48	10/6	9	19	16	8	16	5	ovules
4	52	10/5	9	19	17	8	17	6	ovules
5	49	10/?	10	19	15	8	17	6	?
6	50	10/5	9	?	16	8	16	5	ovules
7	49	10/6	10	?	17	8	15	5	?
8	50	10/6	10	?	16	8	17	6	ovules
9	52	11/5	10	?	15	8	16	5	?
10	49	11/5	9	?	15	8	16	6	?
11	50	11/5	10	?	16	8	17	5	?
12	50	11/5	10	?	15	8	17	6	laitance
13	50	10/5	10	?	15	8	17	6	?
14	?	?	10	?	16	8	16	5	ovules
15	?	?	10	?	16	8	16	5	?

Les 6 hybrides restants (28,6%), dont les origines n'ont pu être clairement définies, ont été classés en 3 catégories.

Tableau 9 : Caractères biométriques des hybrides indéterminés du lac de Neuchâtel

<u>Catégorie A</u>									
1	51	9/5	8	19	22	8	16	5	laitance
<u>Catégorie B</u>									
1	?	?	10	?	17	8	13	?	?
2	?	?	10	?	15	8	14	5	?
3	?	?	9	?	17	8	14	4	?
4	?	?	10	?	16	8	14	4	?
<u>Catégorie C</u>									
1	?	?	9	19	21	8	13	5	?

Catégorie A : caractéristiques types de la brème borderlière (Blicca bjoerkna L.), à l'exception des dents pharyngiennes qui, chez cette dernière, présentent une structure sur 2 rangs (5+1-3).

Catégorie B : outre le nombre trop faible de rayons des nageoires pectorales, les caractéristiques systématiques des poissons classés dans cette catégorie sont celles de la brème de Buggenhagen; cependant le nombre de paramètres manquants est trop important pour garantir l'identification.

Catégorie C : le manque de critères ainsi que la nature de ceux obtenus, empêchent de définir les origines de cet individu.

IV.5.2.2. Lac de Bienne

Les 4 hybrides (100%) issus de ce lac présentent les caractéristiques de la brème de Buggenhagen.

Tableau 10 : Caractères biométriques des brèmes de Buggenhagen du lac de Bienne

No.	-écailles-		-----nageoires-----					DENTS	GONADES
	LLAT	TRANS	D	C	A	V	P		
1	46	10/4	9	19	16	8	17	5	?
2	49	10/5	10	19	14	8	16	6	?
3	52	10/6	10	19	16	8	16	6	?
4	53	?	9	19	16	8	17	5	laitance

IV.5.2.3. Lac du Loclat

Sur les 21 hybrides, 16 (76,2%) sont des brèmes de Buggenhagen.

Tableau 11 : Caractères biométriques des brèmes de Buggenhagen du lac du Loclat

No.	-écaillés-		-----nageoires-----					DENTS	GONADES
	LLAT	TRANS	D	C	A	V	P		
1	49	11/5	10	19	16	8	16	5	ovules
2	47	11/5	9	19	15	8	16	4	?
3	47	11/5	9	19	15	8	14	5	?
4	48	11/4	10	19	15	8	14	5	?
5	48	10/4	10	19	14	8	16	?	?
6	47	12/5	10	?	16	8	17	?	?
7	47	10/5	10	?	16	8	16	6	laitance
8	49	10/4	9	?	17	8	14	6	?
9	49	10/4	9	?	17	8	16	4	?
10	45	9/4	9	?	15	8	15	5	?
11	49	10/4	10	?	15	8	17	?	?
12	47	?	10	?	17	8	16	5	?
13	49	?	9	?	16	8	16	5	?
14	?	11/4	9	?	15	8	15	5	?
15	?	9/5	9	?	15	8	15	?	?
16	?	?	10	?	17	8	16	5	?

Le solde des hybrides du Loclat (5 ind.= 23,8%) a pu être classé en 3 catégories.

Tableau 12 : Caractères biométriques des hybrides indéterminés du lac du Loclat

Catégorie A									
1	42	9/4	10	19	17	8	17	5	laitance
2	42	10/4	10	19	16	8	16	5	ovules
3	42	?	10	19	15	8	14	5	ovules
Catégorie B									
1	45	8/5	8	?	25	8	16	5	laitance
Catégorie C									
1	55	13/6	9	?	26	8	18	4	ovules

Catégorie A : caractéristiques proches de celles de la brème de Buggenhagen, à l'exception du nombre trop faible d'écaillés canaliculées de la ligne latérale.

Catégories B et C : hybrides indéterminés.

IV.6. DISCUSSION HYBRIDES

Les données concernant la proportion d'hybrides rencontrés dans un milieu sont très rares. PEDROLI(1983) trouve pour le lac (0,867 km²) de Seedorf (FR, Plateau Suisse), 12 % d'hybrides de Cyprinidés, corroborant par là nos résultats, qui semblent indiquer que plus un lac est petit, plus on y trouve d'hybrides, ainsi le lac du Loclat en contient nettement plus ($P < 0,01$) que les trois autres milieux étudiés. Cette situation s'explique sans doute par le fait que la probabilité de superposition des lieux de frai augmente avec la diminution de grandeur du lac.

La coïncidence des frayères des gardons (Rutilus rutilus L.) et des brèmes franches (Abramis brama L.), le comportement de ponte simple de ces espèces, sans mécanisme apparent d'isolement éthologique élaboré, ainsi que le fait qu'ils représentent largement les espèces dominantes de Cyprinidés dans les lacs étudiés, sont vraisemblablement les causes de la prédominance (plus de 70%) des brèmes de Buggenhagen (annexe 3) sur les autres hybrides. PETHON(1978) explique, se basant notamment sur les travaux de SVAERDSON(1949, 1952) et de HUBBS(1955), que le pourcentage de cet hybride augmente d'une part, lorsque les zones de frai sont restreintes et d'autre part, lorsque la température s'élève rapidement au printemps, provoquant ainsi un chevauchement important des périodes de reproduction des espèces parentes.

On constate donc que la brème de Buggenhagen représente le type d'hybride de Cyprinidés le plus fréquemment rencontré quelque soit le milieu. Le tableau ci-dessous met en relation les valeurs extrêmes que nous avons obtenues pour les caractères biométriques dénombrables de cet hybride, avec les descriptions de différents auteurs.

Tableau 13 : Synthèse des descriptions biométriques de la
brème de Bugghenagen

	FATIO (1882)	SPILLMANN (1961)	BACKIEL (1968)	PEPIN (1970)	PEDROLI (1983)	PRESENT TRAVAIL
LLAT	44-54	(44)47-51	44-55	45-54	44-55	46-53
DLAT	10-11	8	9-12	-	10-11	9-12(13)
VLAT	4-5	5-8	5-6	-	4-5	4-6
D	10	8-10	9-10(11)	-	-	9-10
C	19	-	19	-	-	19
A	15-18	(13)15-17	(13)14-20	15-19	14-18	14-17
V	8	-	8	-	-	8
P	15-17	-	15-17	-	-	14-17
DENTS	5-6	5-6	-	-	5-6	4-6

Nos résultats sont, dans une large mesure, compris dans les mêmes fourchettes que ceux des autres auteurs. Néanmoins, avec 4 dents pharyngiennes, 13 écailles dorso-latérales et 14 rayons aux nageoires pectorales, nous divergeons des extrêmes connus. Cependant dans les trois cas, les caractères "nouveaux" sont compris dans la fourchette du critère pour l'un ou l'autre des géniteurs. De plus, l'aspect général du corps correspond à la description qu'ont fait FATIO(1882) puis PEPIN & AL.(1970) de cet hybride.

Il est difficile de dresser un tableau permettant l'identification des différents hybrides de Cyprinidés; d'une part la documentation existante est relativement rare, d'autre part les caractères des hybrides sont assez

fluctuants et varient avec le sens du croisement; de plus, des possibilités d'interfécondité ou de croisement en retour sont citées. En effet, on trouve parfois, chez des cyprins reconnus comme hybrides, des ovules ou de la laitance. On ne peut en conclure automatiquement à la fécondité des sujets, néanmoins NIKOLJUKIN(1948) et SPILLMANN(1961) parlent de cas d'interfécondité et de croisement en retour. La brème de Buggenhagen, comme l'ont démontré WHEELER(1969) ainsi que PEPIN & AL.(1970), est stérile ou très peu féconde bien que présentant fréquemment des produits génitaux. C'est sans doute cette stérilité relative qui confère aux espèces parentes leur stabilité phylogénique malgré une aire de répartition très vaste. En effet, la facilité de croisement des espèces en cause, phylogénétiquement très proches, soulève le problème de la validité du niveau générique qui leur est classiquement attribué (PEPIN & AL., 1970).

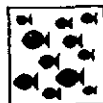
Autrefois, divers auteurs ont classé la brème de Buggenhagen comme une espèce distincte. Les noms d'espèce suivants lui étaient attribués (FATIO, 1882; SPILLMANN, 1961) :

- Cyprinus buggenhagii (BLOCH, 1797)
- Abramis leuckartii (NECKEL, 1836)
- Abramis heckelii (SELYS-LONGSCHAMPS, 1842)
- Leusciscus buggenhagii (CUVIER & VALENCIENNE, 1844)
- Abramidopsis leuckartii (SIEBOLD, 1863)
- Abramis buggenhagii (BLANCHARD, 1866)
- Etc..

PEPIN & AL.(1970) ainsi que PETHON(1978) attribuent la même écologie aux brèmes de Buggenhagen et aux brèmes franches; nos observations vont dans le sens opposé, en effet la grande majorité de nos hybrides a été capturée lors des pêches destinées aux gardons, ceci tout au long de l'année. Il apparaît donc vraisemblable que dans le cadre de nos recherches les brèmes de Buggenhagen s'associent plutôt aux gardons; une étude précédente

(ZAUGG, 1983) ainsi que des investigations en cours (ZAUGG, en préparation) axés en partie sur la biologie des brèmes franches et des brèmes bordelières dans le lac de Neuchâtel, nous amènent à des constatations similaires.

Les hybrides indéterminés du Loclat, catégorie A, possèdent à l'exception du nombre trop faible (LLAT=42) d'écaillés canaliculées de la ligne latérale, toutes les caractéristiques de la brème de Buggenhagen. Leur aspect de gardons ainsi que le fort pourcentage d'hybrides dans ce petit lac, nous incitent cependant à les classer comme vraisemblablement issus d'un croisement en retour, brème de Buggenhagen (fécondité rare et discutée) x gardon.



V. P O P U L A T I O N

=====

V.1. INTRODUCTION

La majorité des études relatives aux populations de poissons en Europe centrale, avec pour la Suisse notamment celles de RUHLE(1976), PATTAY(1978), PEDROLI(1983) et KIRCHHOFFER & AL.(1986), ont décrit des structures de populations de forme évoquant des "pyramides", autrement dit où les premières classes d'âges prédominent nettement. Ces études n'ont cependant porté que sur des espèces économiquement intéressantes (les Salmonidés et la perche), donc intensivement exploitées. GOLDSPIK(1978 a) décrit également une telle structure pour la population fortement exploitée (25-35Kg/ha) de brèmes du Tjeukemeer (Pays-Bas).

Quelques études portant sur des populations peu ou pas exploitées révèlent des structures totalement différentes où les classes d'âge se succèdent sous forme de vagues d'importances variables, dont les amplitudes sont directement dépendantes de causes naturelles; de telles configurations ont été mises en évidence pour la brème, dans le lac de Constance par LOEFFLER(1982), dans le lac de Neuchâtel par ZAUGG(1983) et enfin pour la brème et le gardon dans le lac de Seedorf par PEDROLI & AL.(1983) (annexe 5). JOHNSON(1972) décrit également de telles structures pour des populations non exploitées de Salmonidés du Grand Nord canadien.

On peut en déduire que l'intensité de l'exploitation, au même titre que les conditions climatiques, est un facteur déterminant de la dynamique des populations de poissons.

Les Cyprinidés, plus particulièrement le gardon, ont connu dans les lacs de Suisse au cours de ce siècle des degrés d'exploitation divers. Il existe notamment un certain nombre de milieux où aucune pression de pêche sur cette

espèce n'a eu lieu. Ce poisson constituait dès lors un matériel idéal permettant d'apprécier non seulement l'influence des prélèvements sur la dynamique des populations, mais également celle des conditions climatiques.

Le présent chapitre expose en premier lieu l'évolution de la pêche du gardon en Suisse. En second lieu, une analyse détaillée d'une série de paramètres des populations de ce poisson sera effectuée; un accent principal sera porté sur leurs éventuelles variations occasionnées par l'exploitation.

Le matériel utilisé provient de trois lacs (Neuchâtel, Bienne et Quatre-Cantons) dont les gardons sont exploités, ainsi que d'un quatrième lac (Loclat) où les prélèvements sont nuls. De plus, des données (longueur totale, poids, âge) inédites récoltées en 1928 dans le lac de Neuchâtel étaient à disposition.

V.2. LA PECHE DU GARDON

V.2.1. Introduction

En Suisse, jusqu'au milieu de ce siècle, les Cyprinidés, plus particulièrement le gardon, ont été recherchés par les pêcheurs professionnels en vue de leur commercialisation pour la consommation humaine. L'on peut donc admettre, bien que la pêche d'autres espèces, notamment des Salmonidés ait de tout temps été préférée à celle des "poissons blancs", qu'il existait jusqu'à cette époque une sensible pression de pêche orientée sur les Cyprinidés.

Dès les années 50, l'on observe une prolifération des populations de ces "poissons blancs" occasionnée principalement, selon toute vraisemblance, par l'enrichissement des milieux, consécutif à l'eutrophisation croissante de la plupart des grands lacs de Suisse provoquée par un apport accru de matières fertilisantes, en particulier du phosphore et de l'azote (AMBUEHL, 1982).

De plus, les impératifs de l'économie piscicole conduisent à une perte d'intérêt pour les Cyprinidés, dès lors la capture de ces derniers peut généralement être considérée comme involontaire. Le cumul de ces facteurs a donc mené à une expansion de ces populations, colonisant de nouveaux espaces lacustres, avec une incidence probablement néfaste sur les autres espèces de poissons (ROTH, 1969).

Face à cette situation, et en parallèle avec un programme de rétablissement du "cheptel poisson noble", des mesures contre la prolifération des poissons indésirables ont été prises dès 1971 par l'Office fédéral de la protection de l'environnement, sous forme de subventions versées aux pêcheurs professionnels lors de la capture de "poissons blancs".

V.2.2. Matériel et méthodes

Nos résultats concernant l'amplitude et l'évolution des captures de gardons dans les lacs suisses sont issus des statistiques cantonales (Offices cantonaux de la pêche) et fédérales (Office fédéral de la protection de l'environnement) de pêche. Ces dernières, qui existent depuis plusieurs décennies selon les cantons et seulement depuis 1967 pour la Confédération, sont élaborées sur la base des déclarations des pêcheurs professionnels dont les prises effectuées principalement au moyen de filets maillants, représentent l'essentiel des captures de gardons, la part des amateurs étant négligeable. C'est afin de permettre la comparaison de données provenant de lacs de différentes dimensions, que nous exprimerons ces prélèvements en kilogramme par hectare.

C'est sur la base des échantillonnages réguliers que nous avons effectués de 1982 à 1985 dans les prises de gardons des pêcheurs professionnels du lac de Neuchâtel (voir plus loin), que nous avons pu estimer l'évolution du poids moyen des gardons pêchés lors de cette période.

Les statistiques de pêche relatives au lac de Bienne comportant, outre les tonnages, le nombre d'individus capturés, nous ont permis de calculer précisément le poids moyen des poissons pêchés de 1942 à 1985.

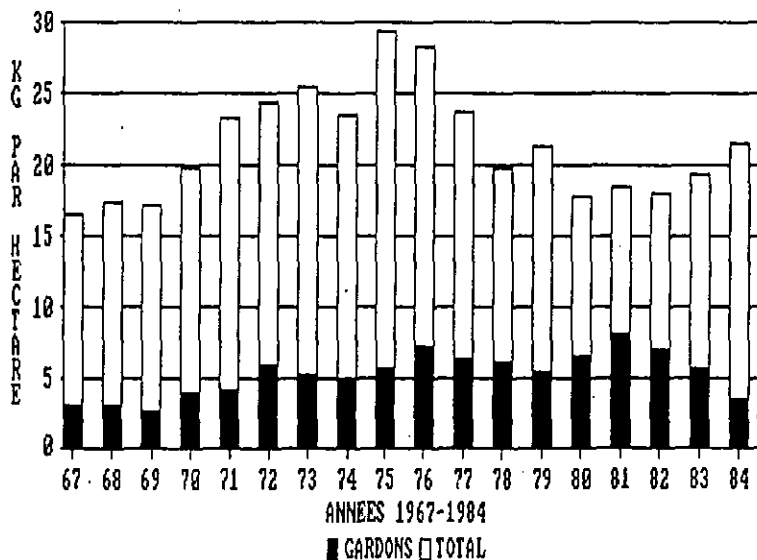
V.2.3. Résultats et discussion

V.2.3.1. Situation en Suisse (figure 22)

Le rendement moyen en "poissons blancs" de la pêche professionnelle d'une quinzaine des principaux lacs Suisses du Nord des Alpes (>200 ha) se situait vers la fin des années 1960 à environ 3,3 Kg par hectare, représentant ainsi le 18% du prélèvement global, toutes espèces de poissons confondues. Dès l'apparition en 1971, des subventions fédérales pour l'élimination des poissons indésirables, le rendement en poissons blancs augmente régulièrement jusqu'en 1981, pour représenter alors, avec un rendement de plus de 8 Kg/ha, plus du 43 % des prises dans leur ensemble; ceci indifféremment aux fluctuations des rendements globaux, qui après avoir subi un crescendo régulier sont retombés au niveau de la fin des années 60.

Il s'amorce alors une rapide diminution des prises de Cyprins, simultanément à une nouvelle augmentation des prélèvements globaux.

Figure 22 : Statistiques fédérales de pêche



L'examen des statistiques détaillées des lacs étudiés permet d'appréhender plus précisément l'évolution de la situation.

V.2.3.2 Situation des lacs étudiés

Voyons en détail les chiffres relatifs aux trois grands lacs exploités retenus dans le cadre de notre étude.

Tableau 14 : Rendements de pêche des gardons et proportion par rapport aux prélèvements globaux

Périodes	Neuchâtel		Bienné		4-Cantons	
	Kg/ha	%	Kg/ha	%	Kg/ha	%
1921-1950	1,23	17	?	?	?	?
1946-1955	1,99	28	1,33	13	?	?
1956-1965	2,58	23	6,33	25	0,70	?
1966-1975	4,98	28	9,66	31	4,52	33
1976-1985	8,20	39	13,76	41	7,24	22

Kg/ha : rendement en gardons.

% : proportion de gardons par rapport aux prélèvements globaux, toutes espèces confondues.

L'intérêt nouvellement porté aux Cyprinidés ressort nettement. On remarque en effet pour ces trois lacs une très forte augmentation des prélèvements, la proportion que représentent les gardons sur les rendements globaux s'accroît également considérablement. Il apparaît ainsi que l'importante pression de pêche sur les gardons du lac de Bienné a permis, au cours des deux décennies précédentes, d'obtenir des rendements moyens excédant le maximum observé en Suisse. Vient ensuite le lac de Neuchâtel, dont l'exploitation élevée de ces dix dernières années excède également largement le maximum helvétique. Les prélèvements effectués dans le lac des Quatre-Cantons sont également proches du maximum national.

Figure 23 : Statistiques de pêche gardons
Neuchâtel 1917-1985

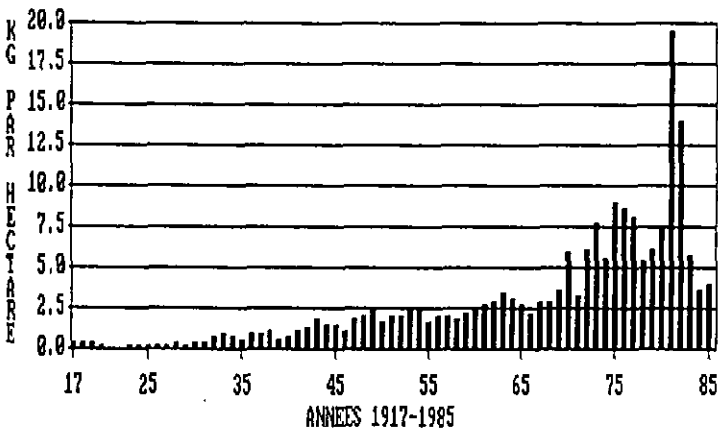


Figure 24 : Statistiques de pêche gardons
Bienne 1942-1985

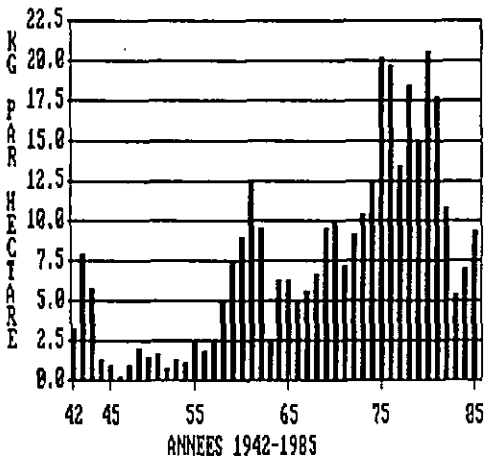
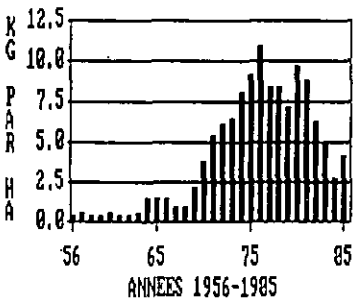


Figure 25 : Statistiques de pêche gardons
Quatre-Cantons 1956-1985



Les statistiques détaillées (figures 23, 24 et 25) sont particulièrement éloquentes. Malgré la baisse d'intérêt pour les Cyprinidés survenue après la guerre, on observe une lente progression des rendements. Celle-ci peut sans nul doute être attribuée à l'évolution du grade trophique des lacs induisant une prolifération de ces espèces, dont la capture est alors généralement accidentelle.

L'apparition des subventions dans les années 1970 est marquée par une augmentation considérable des tonnages qui vont jusqu'à décupler lorsque l'aide pour l'élimination des espèces indésirables s'accroît. On observe ensuite une tendance évidente à la baisse des rendements qui retombent au niveau du début des années 70, phénomène illustrant vraisemblablement l'épuisement des stocks. En effet, aucune baisse de subvention ou augmentation notable des rendements en poissons nobles n'est survenue dans ces lacs.

V.2.3.3. Détail des captures

Tableau 15 : Poids moyens des gardons capturés de 1982 à 1985 par les pêcheurs professionnels dans les lacs de Neuchâtel et de Bienne

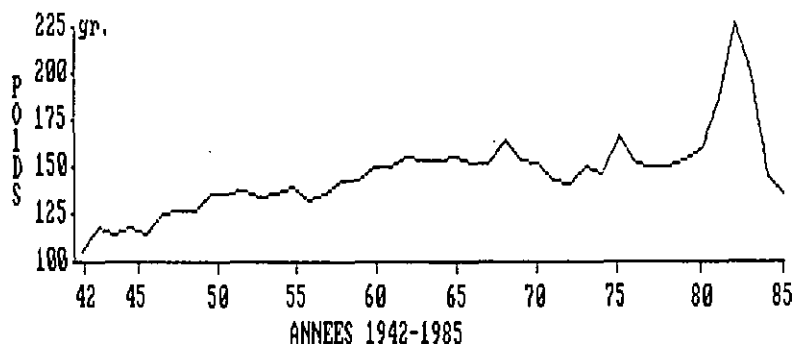
	1982		1983		1984		1985	
	NE	BIE	NE	BIE	NE	BIE	NE	BIE
Pds(gr)	427,7	227,2	334,0	199,9	185,9	145,6	115,9	137,3
Nb.ind.	193	186'729	325	106'987	214	192'559	73	266'201
ET	78,7	-	183,7	-	133,0	-	25,0	-

ET = Ecart-type à la moyenne

La moyenne pondérale des individus capturés diminue considérablement de 1982 à 1985, cette situation est particulièrement marquée pour les prises provenant du lac de Neuchâtel.

Examinons en détail l'évolution des poids moyens des gardons capturés par les pêcheurs professionnels du lac de Biemme.

Figure 26 : Poids moyen des gardons capturés par les pêcheurs professionnels dans le lac de Biemme



Pris sur un grand laps de temps, 1946 à nos jours, il apparaît clairement une augmentation du poids moyen des gardons pêchés. Cet accroissement pondéral régulier s'explique par l'enrichissement du milieu, donc par l'augmentation des ressources trophiques entraînant une croissance plus élevée (voir plus loin). La brusque élévation puis baisse du poids moyen des poissons capturés s'explique aisément; il convient d'abord de rappeler que les pêcheurs étant attirés par un tonnage maximum, visent les poissons les plus lourds, c'est l'épuisement de ces derniers qui les conduit à exploiter les catégories d'individus plus légers. Cet abaissement du poids moyen, observable pour les deux lacs, est révélateur, au même titre que la baisse des rendements, de la diminution des stocks de gardons.

V.3. ANALYSE D'UNE SERIE DE PARAMETRES DES POPULATIONS

V.3.1. Introduction

Dans ce chapitre, nous essayons en premier lieu, d'établir la structure des populations de gardons et d'évaluer l'impact de l'exploitation sur leur dynamique. En second lieu, les données biologiques courantes, méconnues jusqu'ici par le manque d'intérêt porté en Suisse sur cette espèce, sont étudiées. Ainsi le sex-ratio, l'âge de la maturité sexuelle, la croissance sont analysés pour les poissons de chacun des lacs échantillonnés. L'influence de l'exploitation sur ces différents critères est également discutée.

C'est donc dans cette optique, que 4 milieux à intensité de pêche du gardon variable, ont été sélectionnés.

V.3.2. Méthodes

V.3.2.1 Echantillonnage

- Pour les quatres lacs considérés, des pêches ont été effectuées, pendant et hors frai, au moyen d'un filet maillant expérimental multimailles de 110 mètres de longueur et 2 mètres de hauteur, composé de séquences de 2,50 mètres se répétant 4 fois et comportant les mailles 10, 14, 22, 26, 33, 34, 37, 40, 44, 50 ou 55 mm. Afin de permettre la capture d'éventuels individus de très grande dimension, un filet maillant conventionnel de 70 mm de maille était accouplé au filet multimailles.

Cette méthode de capture, visant à atténuer les problèmes de sélectivité dûs à la dimension des mailles, permet de prélever des poissons dans toutes les classes de taille. Malgré la sélectivité résiduelle et faute de mieux, nous avons considéré que les captures réalisées avec cet engin étaient représentatives des populations de gardons vivant réellement dans chaque lac. Les aspects d'abondance totale et d'abondance des classes d'âges ont ainsi été calculés sur la base des prises de ce filet.

Cette couple de filets, généralement posée le soir et relevée le matin, a été tendue de fond ou de lève, plusieurs fois dans chaque lac (tableau 16).

Tableau 16 : Nombre de pêches au filet multimailles

	1983	1984	1985	TOTAL
Lac de Neuchâtel	7	13	7	27
Lac de Bienne	-	4	2	6
Lac du Loclat	-	4	3	7
Lac des 4-Cantons(Horw)	-	-	6	6

Le détail des 3126 captures effectuées par ce biais figure dans le tableau 17.

Tableau 17 : Détail des captures du filet multimailles

	NEUCHATEL				BIENNE			LOCLAT			4 CAN
	83	84	85	T	84	85	T	84	85	T	85
GARDONS	285	341	333	959	83	117	200	159	75	234	94
PERCHES	98	104	100	302	509	111	620	16	9	25	82
GOIJONS	122	111	6	239	-	-	-	-	-	-	105
BREMES	12	28	22	62	-	-	-	6	13	19	-
BORDELIERES	-	26	6	32	-	-	-	-	1	-	-
ROTENGLES	2	27	10	39	-	-	-	-	-	-	-
ABLETTES	-	29	12	41	-	-	-	-	-	-	7
TANCHES	-	4	1	5	-	-	-	-	-	-	-
VANDOISES	-	-	3	3	-	-	-	-	-	-	-
BROCHETS	-	-	1	1	-	-	-	-	1	1	-
COREGONES	-	1	-	1	1	-	1	-	-	-	4
TRUITES	1	-	-	1	1	-	1	-	-	-	-
OMBLES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
OMBRES	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
BARBEAUX	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	7
HYBRIDES	-	7	5	12	-	4	4	15	6	21	-

Remarque : Les noms scientifiques figurent sur l'annexe 4.

- A titre comparatif, et parce que la pêche au filet est peu appropriée à ce type de milieu, des prélèvements aléatoires lors de 2 concours de pêche au coup (pêche à la ligne avec un flotteur et un hameçon appâté), se déroulant le long du canal de la Thielle, début et fin mai 1985 ont permis de récolter 256 gardons et 3 hybrides. La structure de population de gardons de ce canal a été établie sur la base de ces captures, opérées par un type de pêche jugé comme probablement peu sélectif, sachant que les pêcheurs participants visent toute la gamme de Cyprinidés (surtout) à disposition (communication orale des pêcheurs).

- Par ailleurs, une campagne régulière d'échantillonnages, au courant des années 1982, 1983, 1984 et 1985 dans les captures des pêcheurs professionnels du lac de Neuchâtel, nous a permis d'obtenir respectivement 193, 325, 214 et 73 gardons ainsi que 2 hybrides pour 1984 et 4 pour 1985. Ces prélèvements avaient pour but de permettre, pour ce lac, la comparaison entre les prises des pêcheurs professionnels et l'état de la population de gardons.

- De plus, des données inédites (âge, poids, longueur totale) concernant 168 gardons récoltés en 1928 par M. Georges MAUVAIS, de l'Institut de Zoologie de l'Université de Neuchâtel, ont pu être analysées. Les poissons avaient été capturés au moyen de filets maillants (coton) de 20, 26, 27, 30 et 40 mm et de cerceaux pour les petits individus.

V.3.2.2. Mesures

Pour chaque individu, outre les données relevées telles qu'elles ont été présentées dans le paragraphe "Méthodes" du chapitre "Biométrie" (voir point IV.2.), nous avons procédé à un examen macroscopique des gonades de chaque poisson, afin de déterminer son sexe ainsi que son degré de maturité sexuelle.

De plus, une dizaine d'écailles par gardon ont été prélevées juste en dessus de la ligne latérale au niveau

du dernier rayon de la nageoire dorsale et conservées en vue, d'une part de déterminer l'âge du sujet, et d'autre part d'effectuer une calculation de croissance en arrière.

V.3.2.3. Déterminations d'âge

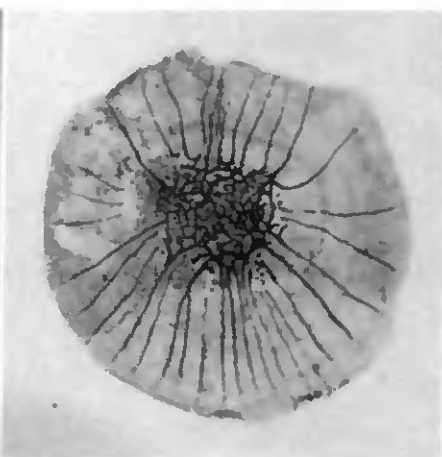
L'âge des gardons capturés a été déterminé par scalimétrie, c'est-à-dire sur la base des marques annuelles de croissance figurant sur les écailles (RICKER, 1980). Celles-ci, après un nettoyage par macération dans la potasse caustique à saturation (KOH), ont été observées au microscope à projection pour les petits spécimens; les grandes écailles, dont la lecture s'est avérée très difficile, ont quant à elles été montées dans des cadres à diapositives afin d'être projetées sur écran.

L'anneau de croissance, témoin de la reprise de la croissance, visible après le frai (mi-juin), se distingue plus précocement (fin-mai) chez les immatures. Une forte proportion d'écailles régénérées a pu être constatée.

Figure 27 : Ecaille d'un
gardon âgé de 4 ans



Figure 28 : Ecaille
régénérée



V.3.2.4. Croissance

La croissance des gardons a été établie à partir de calculations en arrière ou rétrocalculations basées sur les marques de croissance figurant sur les écailles.

Ainsi, pour 888 gardons du lac Neuchâtel, 147 du lac de Bienne et 83 provenant du lac des Quatre-Cantons, le radius à la capture (Sc) ainsi que les radii à chaque annulus (Si , $i=1, 2, 3, \dots$) ont été mesurés sur les 3 écailles les plus lisibles de chaque poisson puis moyennés. Ensuite, la longueur totale à la capture (Lc) a été comparée à Sc , Lc figurant sur l'ordonnée, observant ainsi les remarques de CARLANDER (1981). Dans l'optique de "linéariser" la relation tout en gardant la variance constante sur l'ensemble des valeurs Lc , différentes conversions ($\log$, $\ln$) des variables ont été testées. Puis, pour chaque population, les régressions les plus adéquates ont été calculées par la méthode des moindres carrés (RIEDWYL, 1980). Un facteur de correction F (Lc mesurée/ Lc calculée moyenne) a été introduit afin de compenser les éventuelles erreurs individuelles (BERG & AL., 1965; CARLANDER, 1981).

Afin de pouvoir établir des comparaisons entre ces données et celles relatives aux gardons du Loclat, dont les incertitudes de lecture des écailles, dûes aux caractéristiques de croissance particulières de ces poissons (voir plus loin) ont rendu impossible les mesures de radii, ainsi qu'avec les données brutes ("âge / longueur totale") récoltées en 1928 par MAUVAIS dans le lac de Neuchâtel, nous avons établi les relations brutes "âge / longueur totale" pour les populations de gardons de chacun des lacs.

V.4. RESULTATS

V.4.1. Abondance et biomasse

Les résultats détaillés des gardons capturés par "effort de pêche multimaillles (1 nuit)" sont consignés dans le tableau ci-dessous. Rappelons que le nombre de nuits où le filet a été tendu figure dans le tableau 16 (p.51) et que le nombre de gardons capturés par milieu et année dans le tableau 17 (p.51).

Tableau 18 : Détail des captures de gardons par "effort de pêche multimaillles"

Lac	Années	Nb.moy. d'ind.	Ecart type	Pds moy. ind.(gr)	Ecart type	Pds total moyen(gr)
Neuch.	83	47,5	24,8	111,51	134,09	5296,72
Neuch.	84	38,6	26,2	55,96	62,85	2160,01
Neuch.	85	51,1	58,0	98,52	41,09	5034,37
Neuch.	83/4/5	45,3	37,9	87,25	88,89	3952,42
Bienne	84	20,5	8,1	161,67	163,63	3314,23
Bienne	85	58,5	7,8	89,86	74,92	5256,81
Bienne	84/5	33,2	20,8	119,67	125,09	4152,99
Loclat	84	39,7	33,6	10,96	3,78	435,11
Loclat	85	25,3	26,1	18,21	10,95	460,71
Loclat	84/5	33,6	29,1	13,28	7,72	446,21
4-Can.	85	15,8	21,2	175,09	127,39	2766,42

Au sein d'un même milieu, au vu des écarts-types, le nombre moyen d'individus capturés varie considérablement d'une pêche à l'autre, de plus ces valeurs diffèrent beaucoup selon les années. Nous tenterons néanmoins, sur la base de ces données très subjectives(!), de classer ces

lacs selon leur abondance relative en gardons, ainsi pour 1984, seul le lac de Neuchâtel présente une tendance ($P < 0,2$)(!) à être plus riche que celui de Bienne. En 1985, les gardons des lacs de Bienne et de Neuchâtel semblent ($P < 0,1$)($P < 0,2$)(!) plus abondants que ceux provenant du lac des Quatre-Cantons; la même constatation est valable lorsque l'on considère les résultats de manière globale.

Le poids moyen des poissons varie quant à lui significativement ($P < 0,01$) beaucoup selon les milieux et/ou les années, les gardons du lac des Quatre-Cantons sont indiscutablement les plus lourds (1985), ceux du Loclat toujours les plus légers (1984, 1985)($P < 0,01$). Il est important de relever que pour les lacs de Neuchâtel et de Bienne, l'écart-type décroît nettement de 1983, respectivement 1984, à 1985 ($P < 0,01$).

Citons encore le poids moyen des gardons capturés à la ligne dans le canal de la Thielle en 1985, qui est de 111,93 gr (ET=127,39 / Nb.d'ind.=256).

V.4.2. Maturité sexuelle

Dans les lacs de Neuchâtel et de Bienne, la maturité sexuelle des femelles survient généralement chez les poissons de la classe d'âge 2+ (NE:n=169,BIE:n=16) dont plus du 85% fraye pour la première fois à trois ans révolu. Les mâles sont plus précoces, plus du tiers d'entre-eux fraye déjà à 2 ans (NE:n=90,BIE:n=16).

L'absence quasi-totale, lors de notre étude, d'individus de la classe 2+ dans le lac du Loclat, interdit toute considération quant à l'âge de la maturité des gardons y vivant. L'on peut néanmoins relever que le 86% (n=49) des femelles 3+ et le 98% (n=49) des mâles 3+ qui y sont capturés sont matures.

Pour le lac des Quatre-Cantons, seule la classe 3+ est suffisamment bien représentée et permet de constater que le 100% des femelles (n=58) et des mâles (n=8) est mature.

Aucune mention relative à l'âge de la maturité sexuelle ne figure dans les documents inédits de 1928 relatifs aux gardons du lac de Neuchâtel, par contre le sexe étant identifié dès l'âge 2+, nous laisse penser que celle-ci survenait alors à 3 ans également.

V.4.3. Sex-ratio

Les proportions mâles/femelles des populations issues des différents lacs présentent des structures relativement similaires et très particulières. Aucune différence significative n'a pu être relevée entre les sex-ratios pendant et hors frai.

- Lac de Neuchâtel (figure 29) : La proportion des mâles, déjà inférieure à celle des femelles pour les 2+, décroît considérablement avec l'âge, pour ne représenter que 8,3% de la population à la classe 5+ et diminuer encore graduellement.
- Lac de Bienné (figure 30) : A nouveau une diminution graduelle, avec l'âge, de la proportion de mâles, qui à partir de la classe 5+ ne sont plus représentés dans notre échantillonnage.
- Canal de la Thielle (figure 31) : Malgré l'absence totale d'individus appartenant à la classe 2+ provoquée par la sélectivité de la méthode d'échantillonnage, la structure du sex-ratio est identique à celles des lacs précédents.
- Lac du Loclat (figure 32) : Même situation que précédemment jusqu'à la classe 5+. L'échantillon de population ne contient pas de gardons d'âge supérieur à 5+.
- Lac des Quatre-Cantons (figure 33) : Malgré l'échantillonnage réduit (N=90), l'on subodore à nouveau une situation proche des précédentes.
- Lac de Neuchâtel 1928 (figure 34) : Le sex-ratio présente les mêmes particularités, avec cependant une dominance des mâles jusqu'à la classe d'âge 4+.

Figure 29 : Sex-ratio des gardons du lac de Neuchâtel

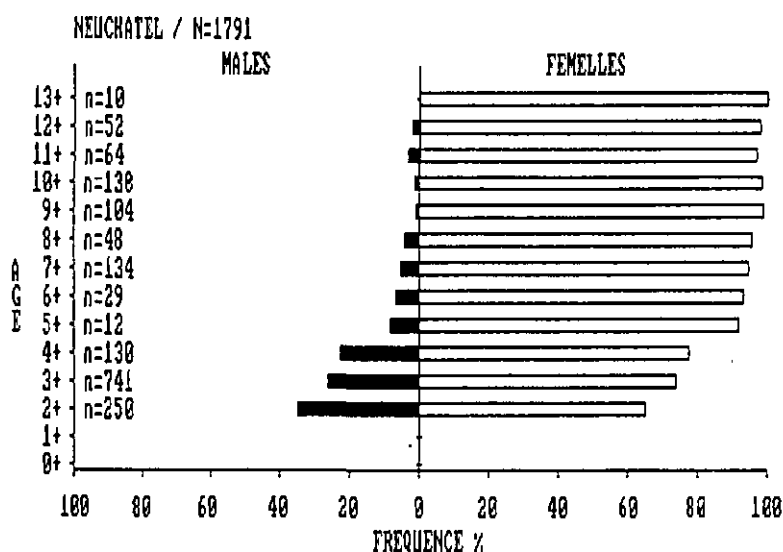


Figure 30 : Sex-ratio des gardons du lac de Biemme

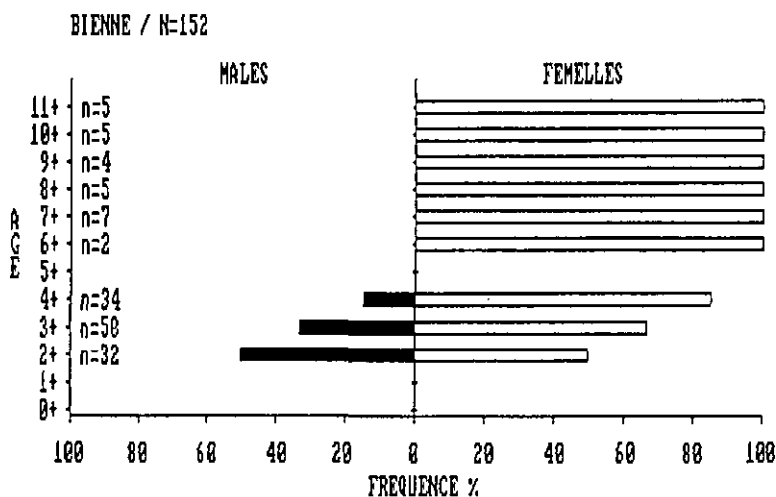


Figure 31 : Sex-ratio des gardons du canal de la Thielle

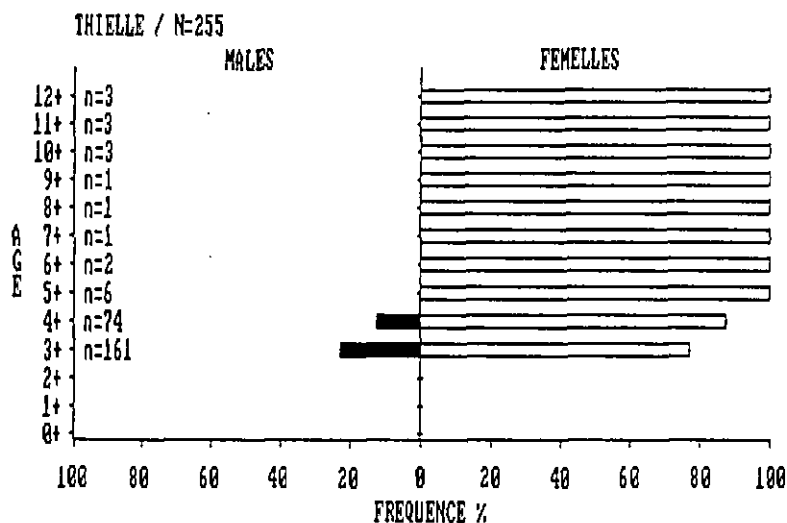


Figure 32 : Sex-ratio des gardons du lac du Loclat

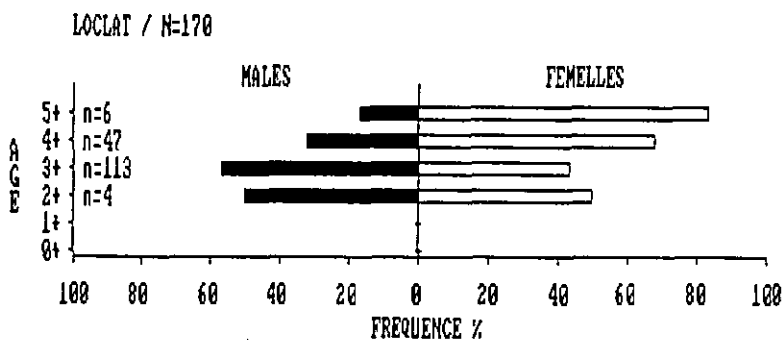


Figure 33 : Sex-ratio des gardons du lac des Quatre-Cantons

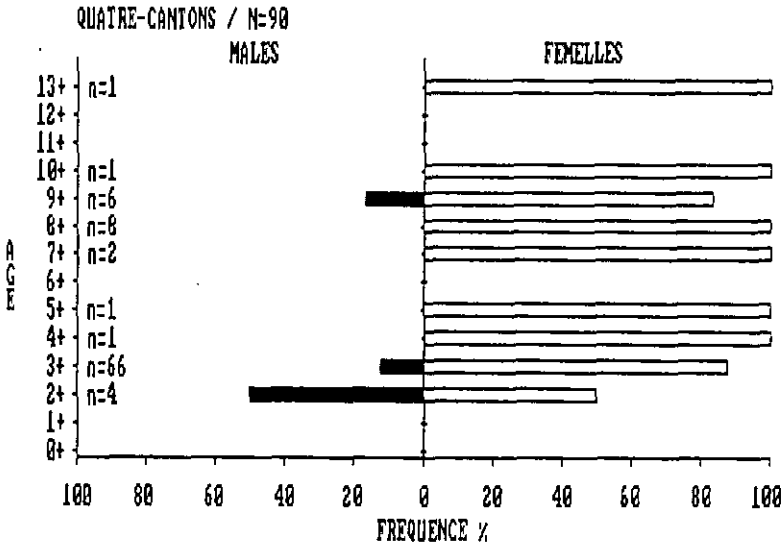
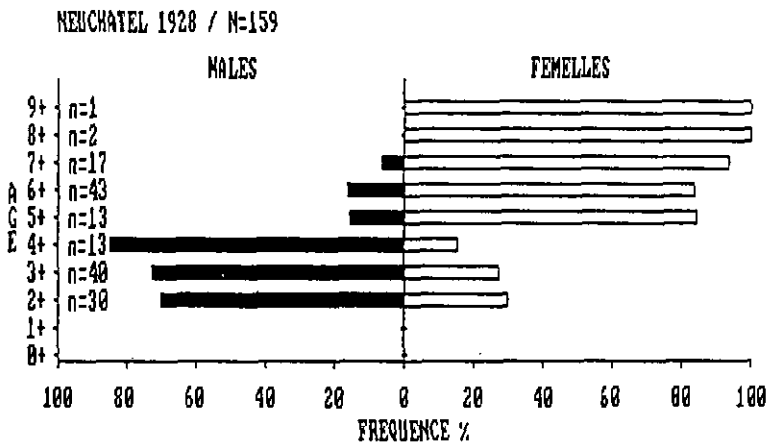


Figure 34 : Sex-ratio des gardons du lac de Neuchâtel en 1928



V.4.4. Structure des populations en place

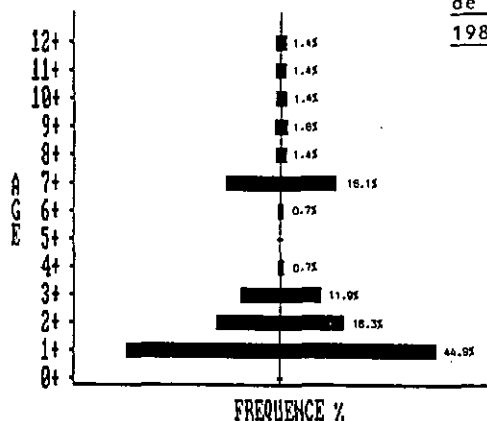
La structure de population, c'est-à-dire le pourcentage d'individus de chaque âge pour une année donnée, de chacun des milieux échantillonnés a été définie sur la base de prélèvements effectués, rappelons-le, par des moyens de captures peu sélectifs.

V.4.4.1. Lac de Neuchâtel

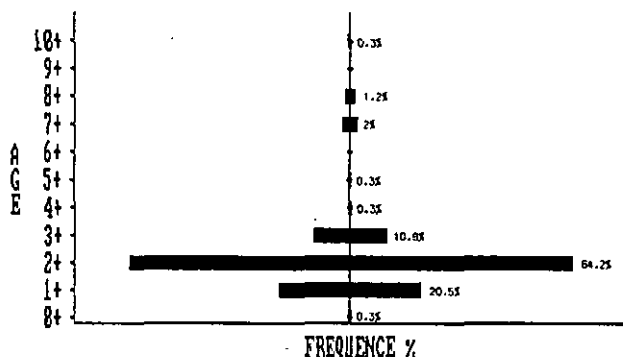
- 1983, le 45% de la population est constitué de jeunes gardons appartenant à la classe 1+, les classes suivantes, 2+ et 3+, sont encore bien représentées; l'on constate ensuite que jusqu'à l'âge maximum de 12 ans, tous les individus, excepté ceux de la classe 7+, encore abondante, n'existent qu'en très petits nombres, la classe 5+ semble même faire défaut (figure 35).
- 1984, la majorité (64%) de la population en 1984 est constituée de poissons âgés de 2 ans révolus. Les classes 1+ et 3+ sont également bien représentées. Les individus plus âgés, notamment les 7+, sont maintenant très rares, les classes 6+, 9+ et celles supérieures à 10+ sont absentes (figure 36).
- 1985, la dominance de la classe 3+ est très forte (87%), les classes 2+ et 4+ représentent encore le 12% de la population; les individus des autres classes sont presque exceptionnels; aucun poisson âgé de 5 ans ou dépassant les 9 ans n'apparaît (figure 37).

NEUCHÂTEL 1983 / N=285

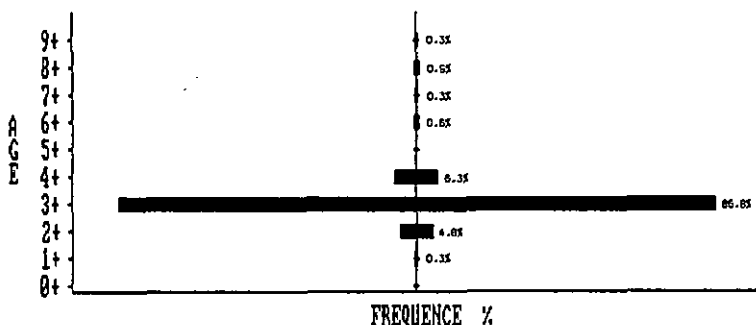
Figures 35, 36 et 37 : Structures
de population gardons / Neuchâtel
1983, 1984 et 1985



NEUCHÂTEL 1984 / N=341



NEUCHÂTEL 1985 / N=333



V.4.4.2. Lac de Bienne

- 1984, les classes 3+, 2+ et 1+ dominent la population, vient ensuite la classe 7+ (8,5%) puis les autres dont la proportion varie entre 2,5 et 6%, avec comme âge maximum 11+; aucun poisson de 5+ n'est observé (figure 38).
- 1985, les classes 1+, 2+ mais surtout 3+ et 4+ constituent l'essentiel de la population. Quelques individus de 9+, 10+ et 11+ la complètent (figure 39).

Figure 38 : Structure de la population de gardons du lac de Bienne en 1984

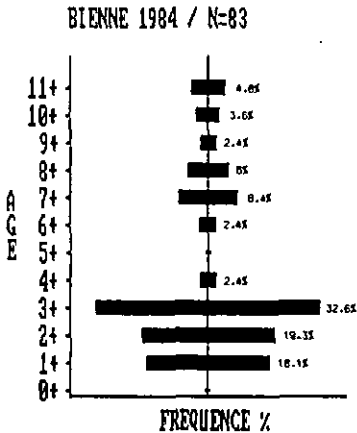
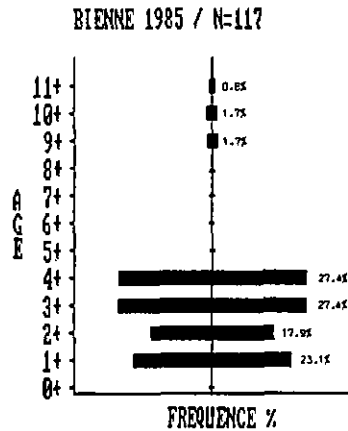


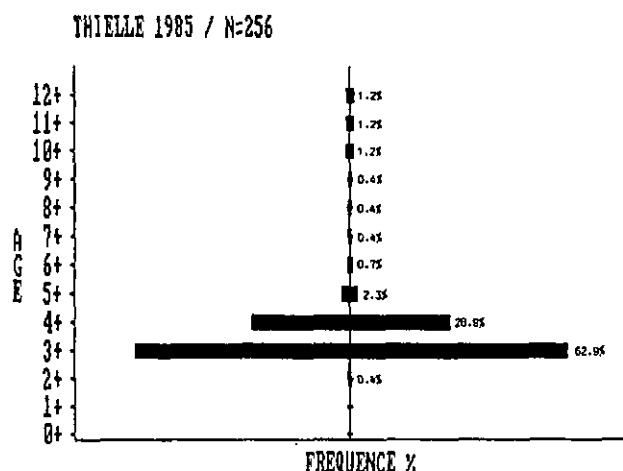
Figure 39 : Structure de la population de gardons du lac de Bienne en 1985



V.4.4.3. Canal de la Thielle 1985

Dominance de la classe 3+ puis de la 4+, les autres âges, jusqu'à 12+ sont très faiblement représentés. La classe 1+ est absente (figure 40).

Figure 40 : Structure de population gardons / Thielle 1985



V.4.4.4. Lac du Loclat

- 1984, la population est constituée à 96% de 3+. Les classes 1+ et 4+ représentent les 4% restant (fig.41).
- 1985, les 4+ dominent largement, viennent ensuite les classes 3+, 5+, et 2+ (figure 42).

V.4.4.5. Lac des Quatre-Cantons 1985

Une structure largement (70%) dominée par les 3+ est observable. Les classes 8+ et 9+ constituent l'essentiel du solde. Celles des 6+, 11+ et 12+ sont absentes. L'âge maximum relevé est de 13 ans (figure 43).

Figure 41 : Structure de population gardons / Loclat 1984

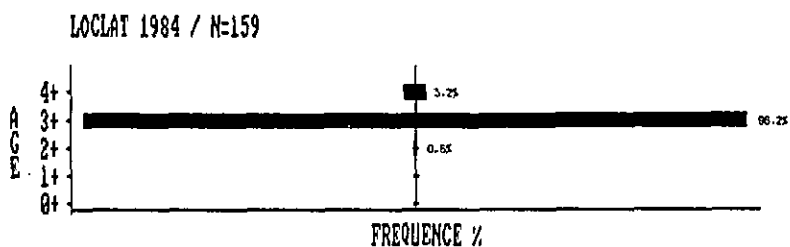


Figure 42 : Structure de population gardons / Loclat 1985

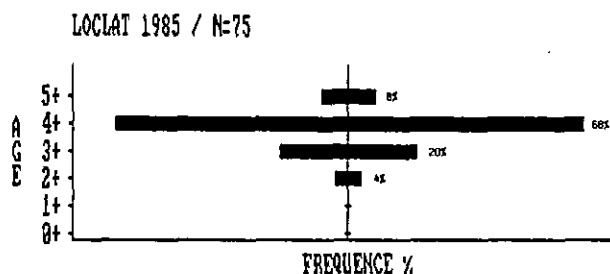
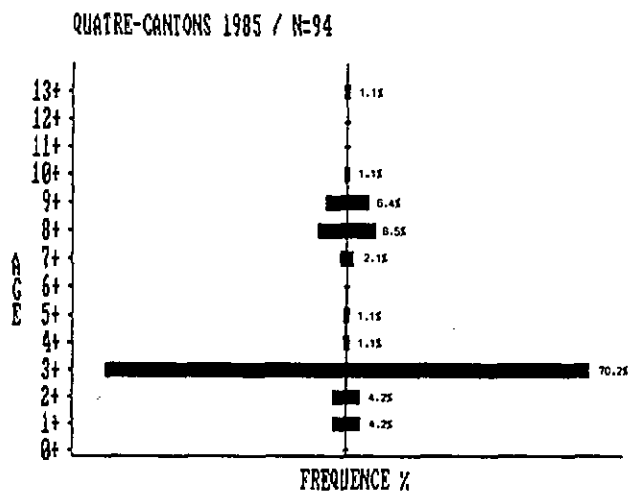


Figure 43 : Structure de population gardons / 4-Cantons 1985



V.4.5. Croissance

V.4.5.1. Relations "âge / longueur_totale" basées sur les rétrocalculations

Seules quelques rares classes d'âges sur l'ensemble du lot ont présenté des différences significatives de croissance ($P < 0,05$) entre les sexes. C'est pourquoi, nos résultats sont basés sur tous les individus confondus.

V.4.5.1.1. Lac de Neuchâtel : L'équation prédictrice des longueurs calculées sur la base des radii aux différents âges la plus fidèle est la suivante :

LT = a + b S + c S² LT=Longueur totale en mm S=Radius
a=-3,81561 b=2,00564 c=-0,002377
n=929

Tableau 19 : Résultats des rétro-calculations / Neuchâtel

	LT moy. capt.	Longueur totale moyenne calculée à la formation de l'annulus												n
Age		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
1	107	85												128
2	162	83	148											230
3	206	84	154	204										446
4	232	78	149	200	232									51
5	263	68	127	204	239	263								4
6	265	79	152	196	229	253	265							1
7	293	75	126	174	217	247	271	292						41
8	316	82	137	183	225	256	279	301	315					10
9	310	73	130	173	207	230	257	277	296	309				6
10	333	77	129	182	220	250	279	296	314	325	332			7
11	355	74	137	185	218	259	277	300	319	330	342	352		2
12	352	85	137	192	219	253	273	289	305	319	334	345	352	3
LT moy. calc.		83	150	200	224	245	272	292	310	320	334	348	352	
		--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	

4.5.1.2. Lac de Biemme : L'équation la plus représentative implique la transformation des données en logarithmes naturels. Son expression est la suivante :

$$\ln(LT) = a + b (\ln(S)) \quad a=1,2422 \quad b=0,849431 \\ n=147$$

Tableau 20 : Résultats des rétrocalculations / Biemme

Age	LT. moy. capt.	Longueur totale moyenne calculée à la formation de l'annulus											n
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
1	118	83											30
2	151	86	136										30
3	206	81	147	193									49
4	234	89	147	194	230								24
5	-	-	-	-	-	-							0
6	-	-	-	-	-	-	-						0
7	312	83	129	177	215	251	287	305					3
8	312	76	122	163	190	226	254	267	306				2
9	319	84	126	169	202	233	262	284	301	314			4
10	330	90	147	184	210	231	258	282	304	319	317		3
11	337	75	122	184	217	238	262	282	299	315	329	334	2
LT moy. calc.		84	142	191	221	236	265	286	302	316	323	334	
		--	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	

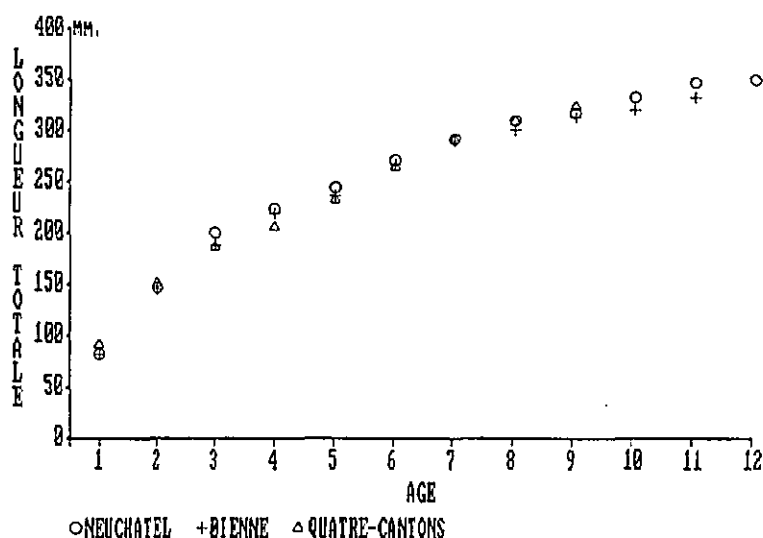
4.5.1.3. Lac des Quatre-Cantons : L'équation utilisée pour la rétrocalculation se définit ainsi :

$$LT = a + b S + c S^2 \quad a=13,0455 \quad b=1,83856 \quad c=-0,001833 \\ n=83$$

Tableau 21 : Résultats des rétrocalculations / 4-Cantons

Age	LT moy. capt.	Longueur totale moyenne calculée à la formation de l'annulus									n
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	
1	119	74									4
2	167	95	151								4
3	218	98	159	195							60
4	230	93	123	152	193						1
5	-	-	-	-	-	-					0
6	-	-	-	-	-	-	-				0
7	305	82	131	179	224	250	277	299			2
8	321	84	125	162	201	229	262	289	310		7
9	329	81	127	164	212	234	267	296	315	327	5
LT moy. calc.		94	152	189	206	233	263	291	310	324	
		-	-	-	-	-	-	-	-	-	

Figure 44 : Relations "âge / longueur totale" basées sur les rétrocalculations



Les tests statistiques conventionnels de signification excluent toute différence de croissance ($P < 0,01$) entre les gardons provenant des lacs de Neuchâtel, Bienne et Quatre-Cantons. La croissance des gardons dans ces trois milieux peut dès lors être considérée comme similaire.

V.4.5.2. Relations "âge / longueur totale" basées sur les résultats bruts

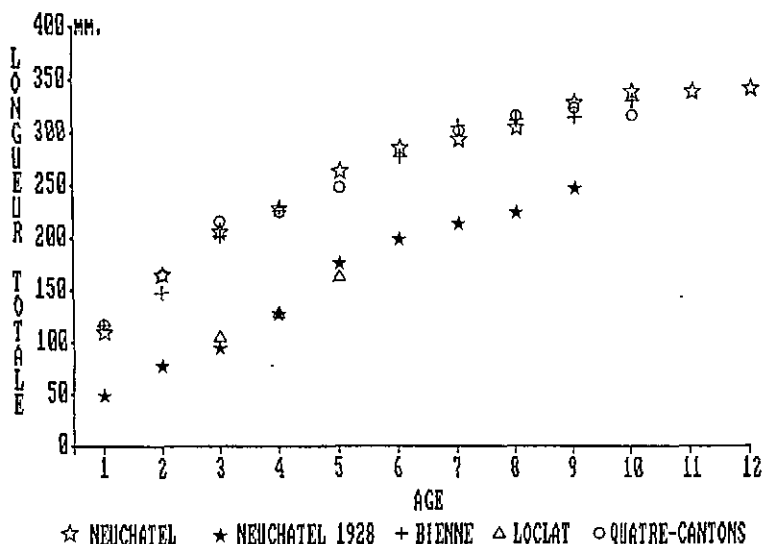
Rappelons que les incertitudes de lecture des écailles des gardons issus du lac du Loclat étaient telles qu'aucune mesure de radius n'a pu être effectuée. De plus, les données récoltées en 1928 par Georges Mauvais sont brutes, cet auteur n'ayant pas effectué de rétrocalculations. C'est pourquoi nous comparons ici les résultats bruts obtenus pour les gardons des 4 lacs étudiés.

Tableau 22 : Résultats bruts "âge / longueur totale"

Age	Loclat			NE 1928			Neuchâtel			Bienne			4-Cantons		
	LT	ET	Nb	LT	ET	Nb	LT	ET	Nb	LT	ET	Nb	LT	ET	Nb
1+	-	-	-	47	10,4	9	111	17,4	201	118	14,3	42	119	4,8	4
2+	-	-	-	77	8,6	30	167	30,0	346	148	23,3	37	167	35,2	4
3+	108	12,4	168	95	9,8	40	209	16,3	755	204	20,3	59	218	21,2	66
4+	127	16,8	56	128	19,7	13	231	15,9	126	232	14,2	34	230	0	1
5+	164	22,3	6	178	10,1	13	264	13,3	12	-	-	-	250	0	1
6+	-	-	-	201	8,6	42	289	13,5	29	280	0	2	-	-	-
7+	-	-	-	216	6,0	17	296	16,2	134	309	4,8	7	305	21,2	2
8+	-	-	-	225	5,2	2	310	18,2	48	316	4,2	5	320	5,3	8
9+	-	-	-	250	0	1	330	15,6	104	319	6,3	4	327	13,7	6
10+	-	-	-	-	-	-	340	15,3	138	334	13,4	5	320	0	1
11+	-	-	-	-	-	-	345	14,0	64	330	9,4	5	-	-	-
12+	-	-	-	-	-	-	348	15,6	52	-	-	-	-	-	-
13+	-	-	-	-	-	-	358	14,9	10	-	-	-	325	0	1

ET = écart-type

Figure 45 : Relations "âge / longueur totale" basées sur les résultats bruts



Ces résultats permettent néanmoins de constater que les gardons du lac du Loclat sont, pour un âge identique, beaucoup plus petits que ceux provenant actuellement des autres lacs.

Les gardons du lac de Neuchâtel étaient, en 1928, de tailles considérablement inférieures à celles des individus contemporains. Leurs dimensions avoisinaient alors celles établies actuellement pour cette espèce dans le Loclat.

Si les courbes de croissance brutes des gardons provenant des trois grands lacs sont similaires entre-elles, en revanche, la comparaison avec les données obtenues par le biais des rétrocalculations, indique qu'elles en surestiment les dimensions, cette situation s'amenuise avec l'âge des poissons.

V.5. DISCUSSION

L'engin principal de capture utilisé devait permettre la capture d'échantillons aussi représentatifs que possible des populations examinées, c'est dans cette optique que nous avons réalisé et utilisé un filet maillant multi-maillages dont les qualités et défauts sont discutés ici:

- prévu pour être utilisé le plus souvent à faible profondeur, entre les troches de joncs et de végétation aquatique, dans des endroits au fond accidenté et parsemé d'obstacles, notre filet ne mesure que 2 mètres de hauteur, par conséquent les séquences sont composées de mailles identiques de bas en haut, ceci au détriment de l'absence de sélectivité.
- l'efficacité du filet varie en fonction de la maille, plus la maille est petite, plus le rapport diamètre de la maille/diamètre du fil est faible et moins bon est son rendement (HAMLEY, 1975). De plus, un petit poisson traversera sans encombre une séquence composée de grandes mailles, alors qu'à l'opposé, un individu de grande taille est susceptible d'être capturé par des petites mailles.
- le nombre de mailles par unité de surface varie en fonction de leur grandeur. Ainsi, plus les mailles sont petites, plus la barrière qu'elles constituent est importante. En outre, lors des déplacements en bancs, la densité (nombre d'individus par unité de volume) des petits individus est supérieure à celle des grands. L'on peut souligner de plus qu'un filet à petites mailles est moins vite saturé qu'un filet constitué de mailles de plus grandes dimensions (HAMLEY, 1975).

Il ressort donc des considérations émises ci-dessus, que bien que n'étant pas totalement exempt de sélectivité, le filet multimailles est toutefois un engin facile à utiliser et nous paraît adéquat pour ce type d'investigation.

L'analyse des prélèvements aléatoires effectués lors des deux concours de pêche au coup se déroulant dans le canal de la Thielle permet de déduire que ce mode de pêche est légèrement sélectif, en effet :

- bien que la présence de petits individus ait été observée, très peu d'individus d'âge inférieur ou égal à 2+ n'ont été pêchés.

La pêche au coup ne permet donc pas la capture de petits poissons, ceci est sans doute provoqué par les appâts et hameçons utilisés. Il est de plus nécessaire de rappeler que le but des participants à ces concours est d'obtenir un poids maximum de poisson, ils visent par conséquent toute la gamme de Cyprinidés à disposition (communication orale des pêcheurs), ainsi brèmes, rotengles, etc.. de moyennes et grandes tailles sont également capturés.

Les méthodes de détermination de l'âge sont nombreuses, les deux types les plus couramment utilisés pour les Cyprinidés, plus particulièrement les gardons, sont d'une part l'operculométrie, utilisée par exemple par HOFSTEDE (1974), LINFIELD(1979), PENCZAK & AL.(1979), et d'autre part la scalimétrie, qu'affectionnent notamment BURROUGH & AL.(1979), GOLDSPIK(1979), PAPAGEORGIOU(1979), SAEED & AL.(1983).

HANSEN(1978) compare les deux méthodes et en tire les conclusions suivantes :

- la lecture des écailles est facile chez les jeunes poissons, cependant la difficulté va croissant avec l'âge qu'on a parfois tendance à sous-estimer. Le traitement préparatoire est aisé.
- la lecture des opercules nécessite une manutention plus laborieuse, mais présente l'avantage d'être un peu plus fiable; malheureusement, les zones internes s'estompent fréquemment avec l'âge qu'on a donc tendance à sous-estimer également.

L'idéal consisterait, comme l'ont fait par exemple WILSON (1971), GOLDSPIK(1978 b), en l'utilisation conjointe des deux méthodes, cependant le grand nombre de poissons étudiés ainsi que la facilité de récolte, de conservation et de traitement des écailles nous ont fait opter pour la scalimétrie. Il ressort, suite aux nombreuses lectures effectuées, que notre choix était vraisemblablement le bon. Bien qu'effectivement les écailles des individus âgés soient souvent difficiles à lire, l'examen des courbes de structure de population atteste la validité de nos lectures, en effet les classes manquantes ou abondantes se suivent aisément au cours des années successives.

La période de formation de l'anneau de croissance est citée par de nombreux auteurs, certains la situent en avril-mai, beaucoup en juin, parfois en juillet; en Tchécoslovaquie, HOLCIK(1967) place même cette période en août. Il est évident que la reprise de la croissance est étroitement dépendante des conditions climatiques de l'endroit, celles-ci étant elles-mêmes inféodées à la latitude.

La période définie dans le cadre de nos investigations est identique à la plus fréquemment citée en Europe centrale, il s'agit du début du mois de juin.

De nombreux auteurs mentionnent que la maturité sexuelle des gardons mâles intervient à 2 ans et celle des femelles à 3 ans. Citons pour la Suisse, ROTH(1969) pour le lac de Constance ainsi que MUELLER(1983) qui cite, pour un diverticule du lac des Quatre-Cantons, le lac d'Alpnach, les chiffres suivants : 39% des mâles sont déjà matures à 2 ans, 28% des femelles frayent à partir de 3 ans. DOTTRENS(1951) et QUARTIER(1980) l'estiment globalement à 3 ans.

En Europe, MAITLAND(1976), BURROUGH & AL.(1979) ainsi que PAPAGEORGIOU(1979) situent la maturité à 2 ans pour les mâles, 3 ans pour les femelles. Elle peut toutefois être parfois plus tardive, ainsi selon GOLDSPIK(1979) les gardons mâles et femelles du Tjeukemeer (Pays-Bas), lac jugé eutrophe, se reproduisent pour la première fois, respectivement à 3 et 4 ans.

Nos résultats confirment ces données, puisque pour les gardons provenant de nos échantillonnages la distinction du sexe devient généralement possible à partir de la classe 1+, une partie des mâles fraye déjà à 2 ans, la majorité des femelles deviennent matures à trois ans révolus.

Plusieurs auteurs prétendent que l'une des conséquences de l'eutrophisation des eaux est la précocité de la maturité sexuelle chez les poissons. Citons ROTH(1969) qui en se référant aux résultats de NUEMANN(1939), compare l'âge de la maturité sexuelle en 1939 et actuellement pour les gardons du lac de Constance, alors qu'elle survenait dès l'âge de 5 ans à l'époque, en 1967 il trouve déjà des mâles frayant à 2 ans et des femelles à 3 ans; il attribue cette précocité à l'eutrophisation croissante des lacs. LANG(1983) met en évidence un phénomène identique dans un travail relatif aux perches (Perca fluviatilis L.) du lac Léman.

Nos travaux ne corroborent pas ces observations, en effet, bien que le lac de Neuchâtel ait également subi le phénomène de l'eutrophisation et que l'âge de la maturité sexuelle ne soit pas précisé dans les données de 1928, le fait que les sexes étaient identifiés à partir de 2 ans, permet de supposer que la situation était alors peut-être identique à celle rencontrée actuellement; d'ailleurs au siècle passé, FATIO(1882) dans sa faune des vertébrés de Suisse écrit déjà que ce Cyprin est apte à se reproduire dès sa seconde année. Citons également PAPAGEORGIOU(1979) qui situe le premier frai des gardons provenant du lac oligotrophe Volvi (Grèce) à 2 ans pour les mâles et à 3 ans pour les femelles. De plus, malgré les différences de taux d'eutrophisation et d'exploitation des milieux échantillonnés, l'apparition de la maturité paraît identique dans chacun des lacs.

Nous pouvons donc en conclure que, dans le cadre de cette étude, les degrés d'eutrophisation ainsi que les taux d'exploitation relevés ne semblent pas influencer la précocité de la maturité sexuelle chez le gardon. Celle-ci survenant généralement à 2 ans pour les mâles et à trois ans pour les femelles.

De nombreux auteurs ont décelé une structure particulière de sex-ratio chez les gardons adultes, la proportion entre sexes étant variable avec cependant toujours une dominance des femelles.

Pour le territoire helvétique nous citerons notamment ROTH (1969) qui présente les chiffres suivants : Toutes classes d'âges confondues, en 1967, 83 % des gardons du lac de Constance sont des femelles. Pour le lac de Bienne, en 1969, 84,6 % des individus capturés étaient des femelles également, le restant étant en majorité constitué de jeunes mâles. Il prétend en outre que ces déséquilibres se sont accentués avec l'eutrophisation des lacs.

Pour le lac d'Alpnach, MUELLER (1983) relève une situation identique. Il déclare en outre, dans une étude ayant pour cadre le lac de Sarnen (MUELLER & AL. 1986), que la proportion mâles/femelles varie considérablement (0 à 65,2%) en faveur de ces dernières à mesure de l'avance en âge. GOLDSPIK (1978 b) dans une étude relative aux gardons de deux petits lacs (inf. à 50 ha) eutrophes situés en Angleterre, constate une augmentation proportionnelle des femelles avec l'âge, il en établit l'équation comme suit : $Y = 0,0827 X + 1,254$ avec $X = \text{âge (2 à 9)}$ et $Y = \text{nombre de femelles pour un mâle}$. En 1979, cet auteur définit une équation du même type, révélatrice d'un phénomène similaire, plus accentué encore, pour les gardons du Tjeukemeer, lac des Pays-Bas également jugé eutrophe : $Y = 0,191 X + 0,51$ (3 à 9).

Nos résultats vont dans le même sens et obéissent à un schéma similaire pour chacune des populations étudiées, la proportion entre mâles et femelles varie considérablement selon les classes d'âges dans le sens d'une diminution toujours plus importante des mâles au fur et à mesure de l'augmentation en âge. Les populations souvent déjà légèrement déficitaires en mâles de 2 ans (figures 29, 30, 31, 32 et 33, pages 58, 59 et 60) en sont presque dépourvues à partir de la classe 5+. En 1928, bien qu'obéissant à un schéma similaire, la situation est légèrement différente, en effet les mâles sont mieux représentés qu'actuellement et dominant même la population jusqu'à la classe 4+ y

comprise (figure 34, page 60). L'évolution conduisant à la structure contemporaine pourrait avoir été causée, comme l'a relevé ROTH(1969), par l'eutrophisation.

La question qui se pose est de connaître le sort des mâles, qui nombreux dans les classes jeunes, disparaissent progressivement pour ne représenter qu'un pourcentage infime des vieux individus :

- la structure du sex-ratio identique dans les lacs intensément, moyennement ou non exploités exclut l'influence de la pêche, l'on serait en effet tenté de penser que la présence permanente des mâles sur les frayères, ainsi que leur comportement inlassable de déplacement lors de cette période auraient augmenté leur probabilité d'être pris.
- une hypothèse parfois avancée prétend que les gardons mâles vieillissants subissent une inversion sexuelle et se transforment en femelles, irrégularisant ainsi l'étalement du sex-ratio (DOTTRENS, 1951; QUARTIER, 1980). De tels changements de sexe ne représentent pas une exception chez les Vertébrés qui bien que dioïques sont sexuellement bivalents, il convient de rappeler qu'ils présentent au cours de leur développement, un hermaphrodisme embryonnaire auquel succède le gonochorisme à l'état adulte, par dominance d'un des sexes (BERTIN, 1958). Pour différentes raisons cette dominance peut s'inverser, citons deux exemples pour les poissons marins, d'une part les femelles de certains Hemipteridae (Perciformes) se transforment en mâles en vieillissant (YOUNG & AL., 1985), d'autre part des inversions mâles / femelles et vice-versa existent selon les espèces de Spaeridae (POLLLOCK, 1985). En eau douce, ce phénomène touche par exemple les femelles âgées de Xiphophorus helleri (Heckel)(Cyprinodontidae) qui deviennent des mâles dotés de leurs attributs sexuels particuliers; citons également les mâles argentés d'anguille (Anguilla anguilla L.) qui artificiellement empêchés de migrer en mer, soit meurent, soit se transforment parfois en femelles (DEELDER, 1984).

Il est en fait fort peu probable que ce type de phénomène caractérise les gardons, en effet malgré l'abondance du matériel analysé, nous n'avons jamais rencontré d'individu intersexué, de plus la présence, rare mais effective, de vieux mâles aux gonades productrices de laitance, tend à infirmer également cette théorie. Les découvertes, par ailleurs fort rares, d'un individu hermaphrodite sont jugées suffisamment exceptionnelles pour faire l'objet d'une communication, ainsi FUHRMANN (1909) décrit avec force détails un gardon pris dans le lac de Neuchâtel possédant ovaires et testicules simultanément. JAFRI & AL. (1979), après des expériences en laboratoire, portant sur l'influence des conditions du milieu sur la sexualité des gardons, concluent que le seul hermaphrodite obtenu parmi les 1000 poissons étudiés était le fait du hasard, et que de telles occurrences en milieu naturel sont tout à fait accidentelles.

Le taux de mortalité naturelle plus élevé chez les mâles matures que chez les femelles reste sans conteste l'explication la plus plausible, d'ailleurs GOLDSPIK (1978 et 1979) ainsi que LIBOVARSKY & AL. (1984) arrivent exactement aux mêmes conclusions.

Notre intention était de classer les lacs étudiés selon leur abondance relative en gardons, or les divergences considérables constatées entre les différentes pêches ainsi qu'entre les différentes années rendent une telle classification trop aléatoire. Ces variations s'expliquent en partie par :

- la dimension très variable des milieux
- l'habileté et l'expérience inégale des pêcheurs
- les périodes de pêche -
- le nombre parfois réduit "d'effort de pêche"
- la quantité variable "d'espèces compagnes"

Ces divers facteurs conduisent à des probabilités inégales de capture, reflétées explicitement par les valeurs élevées des écarts-types. L'on peut néanmoins en déduire que si l'abondance en gardons des lacs de Neuchâtel, Bienne et du Loclat est plus ou moins identique, le lac des Quatre-Cantons paraît nettement plus pauvre.

Comme nous l'avons précédemment exposé (voir point V.1. INTRODUCTION, page 42) il est vraisemblable que l'intensité de l'exploitation, au même titre que les conditions climatiques, est un facteur déterminant de la dynamique des populations de poissons.

La structure de population établie pour le gardon dans le lac de Neuchâtel évolue considérablement au cours des années 1983 à 1985. Il s'y opère une disparition progressive des individus âgés au profit des jeunes classes d'âge qui prennent une importance accrue. Voyons en détail la genèse de cette dynamique de population :

- on peut supposer que la faible pression de pêche portée sur cette population avant les années 1970 (voir Chap. V.2., page 43), n'altérerait en rien sa structure qui devait alors être typique d'une population peu exploitée (annexe 5). Le poids moyen des poissons capturés par les pêcheurs professionnels (tableau 15, page 48) encore relativement élevé en 1982 et décroissant au fil du temps corrobore cette hypothèse, en effet les poissons "âgés", donc lourds, dominent une telle population. Il convient encore de préciser que les pêcheurs étaient attirés par un tonnage maximal et exploitaient par conséquent toutes les classes disponibles, la moyenne pondérale des gardons qu'ils capturaient est donc représentative (427,7 gr, ET=78,7 gr).
- l'augmentation soudaine des prélèvements, atteignant un maximum en 1981, est à la base de la structure de population établie pour 1983, structure révélatrice d'une pression de pêche croissante (figure 35, page 62).

L'espace nouvellement libéré a profité aux jeunes poissons qui se sont expansés librement, non encore inquiétés par la pêche et favorisés de surcroît par les excellentes conditions climatiques du printemps 1982 (annexe 6).

L'abondance des gardons appartenant à la classe 1976 (7+), année consécutive à la première pointe d'exploitation s'explique vraisemblablement par un phénomène similaire, avec cependant une influence climatique prépondérante, le mois de juin 1976 (période du frai) ayant notamment été le plus chaud depuis 1864 (JORNOD, 1976) (annexe 6).

- les configurations de population établies pour les années 1984 et 1985 révèlent la presque disparition des classes exploitées ainsi que l'importance croissante de la cohorte 1982 qui constitue maintenant l'essentiel du peuplement (figures 36 et 37, page 62). Les rendements de pêche sont au plus bas (figure 23, page 47) et la majorité des prises professionnelles en 1985 est composée d'individus âgés de 3 ans (poids moyen : 115,9 gr, ET=25 gr).
- La forte diminution de l'écart-type du poids des poissons capturés de 1983 à 1985, par le biais du filet multimailles, témoigne également explicitement de l'uniformisation de la population de gardons de ce lac.

La structure de population des gardons du Lac de Neuchâtel a donc été totalement modifiée par l'augmentation de la pression de pêche (tableau 14, page 46) qui l'a conduit d'une configuration typique d'une population peu ou pas exploitée à celle très différente d'un peuplement intensément pêché.

L'impact de l'exploitation est également discernable dans la structure de la population du lac de Bienne. Le contexte est toutefois un peu différent :

- en Suisse alémanique, L'utilisation des gardons dans l'alimentation humaine (filets) connaît un développement beaucoup plus accentué qu'en Romandie. C'est la raison pour laquelle les rendements de pêche de cette espèce, apparemment abondante dans le lac de Bienne, sont relativement élevés (tableau 14, page 46) et la dimension des poissons récoltés relativement peu importante (figure 26, page 49), les poissons de petites tailles se prêtant mieux à la confection de filets.
- la mise en place d'une campagne d'élimination subventionnée amène les pêcheurs à augmenter les tonnages, ceci indifféremment de la taille des prises. L'accroissement de la moyenne pondérale des gardons capturés en témoigne (figure 26, page 49).

On aboutit ainsi aux configurations de population pour les années 1984 puis 1985 (figures 38 et 39, page 63), où les classes âgées, déjà faiblement représentées, diminuent encore, parallèlement au rendement, pour être rapidement remplacées par de jeunes poissons. L'abaissement important de l'écart-type du poids des prises faites au multimailles de 1984 à 1985 souligne encore cette situation.

La modification du taux d'exploitation mais également de la dimension des prises, constituent donc les raisons primordiales des variations de structure de la population de gardons du lac de Bienne.

Soumise à nos investigations en 1985 seulement, la population du canal de la Thielle est essentiellement constituée par les cohortes 1981, puis 1982 (figure 40, page 64), celles-là même qui prédominent au sein des populations des lacs de Neuchâtel et de Bienne. Si l'on sait que :

- ce canal d'une longueur de 8 km relie largement les lacs de Neuchâtel et de Bienne. Les prélèvements ont été effectués entre le 2ème et le 6ème kilomètre environ.
- l'ichtyofaune n'y est pas exploitée, si ce n'est ponctuellement par des concours ou régulièrement par quelques amateurs de pêche à la ligne.
- les échantillons proviennent de deux concours de pêche au coup, méthode de capture jugée sélective car elle néglige les gardons des classes inférieures ou égales à 2+.

On peut en déduire que le peuplement de gardons de la Thielle est probablement constitué de poissons provenant des lacs de Neuchâtel et de Bienne.

Bien que le degré d'exploitation des gardons du lac des Quatre-Cantons n'atteigne pour cette décennie qu'un peu plus de 7Kg/ha, il est dix fois supérieur à celui des années 1956-1965. Cette pression de pêche a suffi pour provoquer la raréfaction des classes âgées. La cohorte 1982 (conditions climatiques printanières favorables) constitue en 1985 l'essentiel de la population (figure 43, page 65).

Dans tous ces cas, bien que son intensité soit différente, le degré d'exploitation varie préalablement dans le sens d'une augmentation, et/ou dans une modification des catégories de poissons visés. Cette situation provoque des changements dans l'arrangement des classes d'âges. On peut en déduire les considérations suivantes :

- l'exploitation en s'intensifiant provoque une relative diminution des classes visées, au profit des jeunes individus qui prédominent alors nettement. A l'opposé, les populations non exploitées, telles que les ont décrites les auteurs cités ci-dessus (voir point V.1. INTRODUCTION, page 42) sont caractérisées par une structure

irrégulière, dont l'importance des classes est principalement régie par des facteurs naturels; leur moyenne d'âge est élevée (annexe 5).

- fait prévisible, l'impact de l'exploitation varie en vertu de l'abondance relative de l'espèce considérée. En effet, bien que l'intensité de pêche soit fort différente d'un lac à l'autre, elle entraîne dans les trois cas la constitution d'une structure de population typique de l'exploitation. La cadence des prélèvements joue également un rôle.

Plusieurs hypothèses relatives à l'évolution de la structure de ce peuplement et dépendantes de l'intensité de l'exploitation future sont maintenant envisageables, examinons les deux extrêmes :

- les rendements de pêche des poissons nobles augmentent, par conséquent l'effort de pêche porté sur les gardons diminue et conduit en quelques années à la formation d'une population à la structure en forme d'urne avec comme classe dominante supérieure, celle constituée par les individus de la cohorte 1982; la deuxième vague importante sera probablement issue, si les conditions climatiques du début de l'année 1985 sont propices, du premier frai de cette cohorte .
- les poissons nobles se raréfient, la pression de pêche s'oriente à nouveau sur les gardons. L'absence de grands individus et de subventions conduit obligatoirement les pêcheurs à viser des poissons plus petits destinés à la consommation humaine, utilisant pour ce faire les plus petites mailles autorisées. La cohorte 1982 serait donc évidemment la première exploitée, induisant ce faisant la constitution d'une structure de population en forme de pyramide.

La population de gardons du Loclat n'étant pas exploitée, on pourrait s'attendre à ce que sa structure s'en ressente en présentant, de manière identique à celle du petit lac de Seedorf par exemple (PEDROLI & AL., 1983), une prédominance d'individus âgés. Or une situation inverse est observée, l'essentiel de l'effectif étant constitué par de jeunes classes d'âges (figures 41 et 42, page 65).

Les conditions physico-chimiques très particulières de ce lac (SCHWEIZER & AL., 1983; ARAGNO : communication orale, 1986), avec comme conséquence principale une pénurie de "nourriture", sont responsables de cette configuration de population ainsi que de la pauvreté du lac en poissons (tableau 17, page 51). Il est également possible qu'il s'agisse d'un renouvellement naturel d'une population vieillissante ayant naturellement (ou accidentellement ?) disparu. En effet, selon les témoignages des pêcheurs amateurs, les captures de gardons de plus "grande" taille étaient courantes jusqu'en 1982, puis ont cessé en 1983.

LIBOVARSKY & AL. (1984) décrivent de telles modifications de structures de populations pour des gardons vivant dans deux réservoirs (500 ha et 100 ha) non-exploités et pollués. TIMMERMAN (1985) dans un travail similaire en Flandre occidentale, arrive à des conclusions du même type. Ces auteurs attribuent la disparition des "vieux poissons" à leur sensibilité accrue aux détériorations du milieu.

D'ailleurs, comme nous l'avons déjà relevé (Chap. IV. BIOMETRIE) et le verrons encore plus loin, d'autres caractéristiques biologiques des gardons sont modifiées par les conditions très précaires de ce milieu.

On remarque ainsi que des agents autres que l'exploitation ou les conditions climatiques peuvent influencer de manière variable la dynamique d'une population de poissons.

De nombreux facteurs, souvent étroitement interdépendants, influencent plus ou moins directement la croissance des poissons; citons parmi les principaux, l'abondance en nourriture, les conditions climatiques, la densité de population et le degré d'exploitation.

Beaucoup d'auteurs démontrent l'effet sur la croissance, du taux de concentration en phosphore total, autrement dit du degré d'eutrophisation du milieu dont dépend la production primaire, donc l'abondance en ressources alimentaires. Citons quelques travaux effectués en Suisse sur des espèces commercialement intéressantes, avec pour les corégones (Coregonus sp.), RUFLI(1979), PEDROLI(1983), ainsi que KIRCHHOFFER & AL. (1986), et pour la perche (Perca fluviatilis L.), LANG(1983); dans tous ces cas une augmentation de la croissance simultanée à l'eutrophisation du milieu est observée. Les Cyprinidés, notamment les gardons n'échappent pas à ce phénomène, ROTH (1969) compare la croissance de poissons issus de différentes époques et/ou de divers milieux aux degrés d'eutrophisation différents, il conclut à une accélération notable de la croissance avec l'enrichissement des eaux en phosphore. Les résultats des travaux de BRENNER(1973) sur les gardons du lac de Constance vont dans le même sens.

L'intensité de la pêche, ainsi que l'ont démontré au Canada JOHNSON(1972) sur des Salmonidés, ainsi que HEALEY (1980) dans son expérience d'exploitation différenciée du grand corégone (Coregonus clupeaformis L.), influe directement la croissance, cette dernière augmentant proportionnellement à l'intensité des prélèvements.

Examinons en détail nos propres résultats :

- Les différences modérées entre les taux d'exploitation actuels des lacs de Neuchâtel, Bienne et Quatre-Cantons, ainsi que la croissance "identique" des gardons y résidant, excluent toute considération quant à l'influence de la pêche sur leur vitesse de croissance.

L'examen des résultats bruts comparant la croissance des gardons en 1928 et actuellement dans le lac de Neuchâtel est éloquent (figure 45, page 70), en effet la taille des poissons est, à âge égal, considérablement plus élevée actuellement qu'autrefois.

- bien que largement dépendante des impératifs de l'économie piscicole, l'évolution du poids moyen des gardons pêchés professionnellement dans le lac de Bienne (figure 26, page 49) illustre également un accroissement graduel du poids, implicitement de la taille, de 1942 à nos jours. Cette augmentation de la croissance ressort aussi légèrement lors de la comparaison de nos données avec celles établies pour ce lac à fin des années 1960 par ROTH(1969) (figure 46).

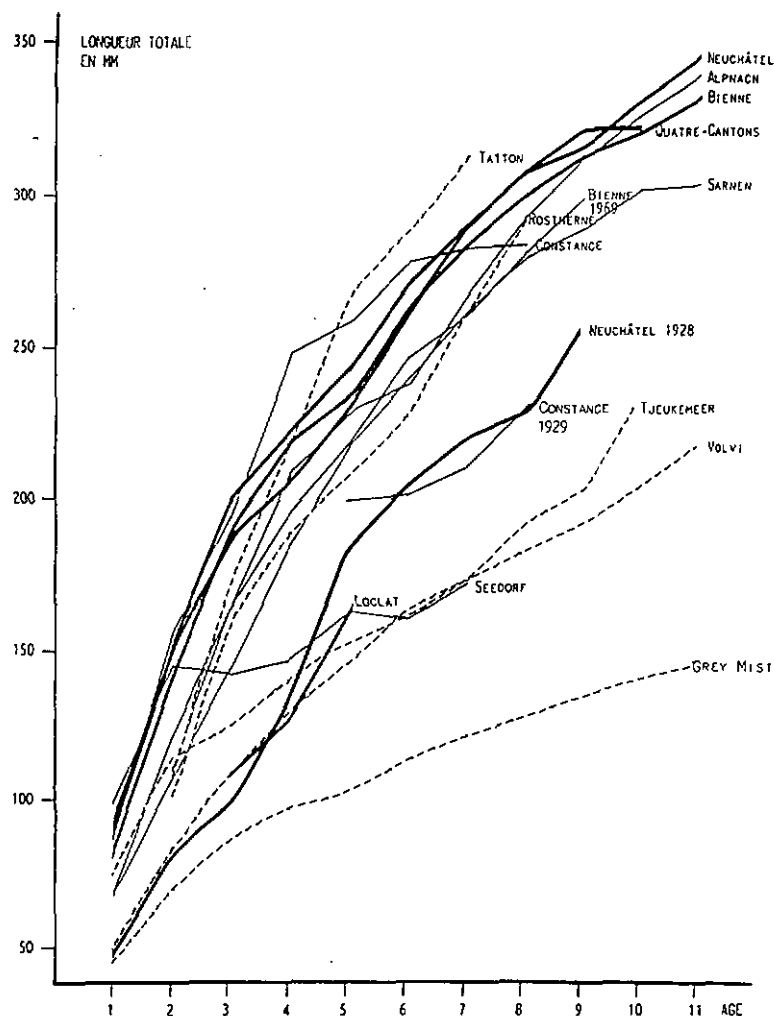
Si l'on sait d'une part, que l'eutrophisation de ces deux milieux a considérablement augmenté, et d'autre part, que la pression de pêche ne revêt d'importance que dès les années 1970, l'on peut sans équivoque considérer que la cause principale, responsable de cette importante augmentation de croissance, réside en l'augmentation du degré d'eutrophisation de ces lacs.

- aucune comparaison avec des données anciennes n'a pu être effectuée pour les gardons provenant du lac des Quatre-Cantons. Sachant néanmoins que le degré d'eutrophisation de ses eaux et que l'exploitation de ses gardons ont suivi des évolutions similaires, bien que moins prononcées, à celles des lacs de Neuchâtel et de Bienne, que la courbe de croissance de cette espèce est identique à celles observées dans ces milieux, l'on peut supposer que leur croissance s'est modifiée dans le sens d'un accroissement également.

La comparaison (figure 46) des courbes de croissance des gardons provenant de différents lacs, amène aux considérations suivantes :

- cette espèce présente, selon le milieu dont elle est issue, des croissances très variables.

Figure 46 : Comparaison, avec celles d'autres auteurs, des relations "âge / longueur totale" obtenues.



Milieu	Auteur(s)	Milieu	Auteur(s)
Neuchâtel	+ Présent travail	Alpnach	+ MUELLER(1983)
Neuch. 1928	* MAUVAIS(inédit)	Sarnen	+ MUELLER & AL.(1986)
Bienne	+ Présent travail	Seedorf	* PEDROLI & AL.(1983)
4-Cantons	+ Présent travail	Volvi	+ PAPAGEORGIOU(1979)
Loclat	* Présent travail	Rosierne	+ GOLDSPIK(1978)
Constance	* BRENNER(1973)	Tatton	+ GOLDSPIK(1978)
Const. 1929	* ROTH(1969)	Tjeukemeer	+ GOLDSPIK(1979)
Bienne 1969	* ROTH(1969)	Grey Mist	+ LINFIELD(1979)

+ longueurs totales obtenues par rétrocalculation
 * longueurs totales mesurées (brutes)

- la croissance actuelle, établie dans le cadre de cette étude pour les trois grands lacs étudiés, est élevée.
- les gardons du lac du Loclat, malgré le nombre réduit de classes d'âges échantillonnées, semblent être de tailles très réduites, ressemblant en cela aux poissons issus d'un autre lac Suisse de très petite dimension et non-exploité, le lac de Seedorf (PEDROLI, 1983). Il est évident que les conditions nutritionnelles très austères de ce milieu, à l'instar par exemple du Tjeukemeer (GOLDSPINK, 1979), sont responsables de la faible croissance des gardons constituant cette population, qui de surcroît n'est pas exploitée.



VI. SYNTHÈSE ET CONCLUSION

=====

Au terme de cette étude, il nous a paru utile d'effectuer une synthèse globale des différents aspects examinés et d'établir certains liens entre les deux chapitres principaux. Rappelons que ceux-ci touchent à la biométrie, la biologie générale et à la dynamique des populations de gardons issus de différents milieux et soumis à des pressions externes naturelles ou artificielles variables.

- le gardon est une espèce polymorphe, dont les caractéristiques biométriques (caractères dénombrables et morphométriques) varient considérablement selon sa provenance.
- les caractéristiques biométriques établies dans ce travail englobent largement celles relevées précédemment en Suisse par d'autres auteurs, on peut dès lors extrapoler cette description aux gardons présents dans les eaux helvétiques (Nord des Alpes). De fortes variations existent de part et d'autre de l'aire de répartition.
- la proportion d'hybrides de Cyprinidés augmente inversement à la dimension du milieu, cette situation s'explique par la forte coïncidence des frayères existant dans les petits lacs.
- l'hybride le plus fréquemment rencontré est issu du croisement intergénérique : gardon x brème franche, il s'agit de la brème de Buggenhagen, autrefois décrite comme une espèce distincte. La forte densité et l'éthologie des espèces parentes explique la fréquence de cet hybride. Certains auteurs associent l'écologie de la brème franche et celle de cet hybride; nous lui attribuons plutôt celle des gardons.

- le fait que les caractères fluctuent parfois en fonction du sens du croisement et que des cas d'interfécondité et de croisements en retour existent, rend difficile l'identification de nombreux types d'hybrides.
- La maturité sexuelle des gardons survient généralement à 2 ans pour les mâles et à 3 ans pour les femelles. Bien que certains auteurs citent l'eutrophisation du milieu comme cause d'une accélération de la maturité, les variations des degrés d'eutrophisation des milieux analysés dans le cadre de ce travail ne semblent pas avoir influencé la précocité des gardons.
- Le sex-ratio varie considérablement selon les classes d'âges dans le sens d'une diminution toujours plus importante des mâles au fur et à mesure de l'augmentation en âge. Cette situation est provoquée par un taux de mortalité plus élevé chez les mâles matures que chez les femelles. Ce phénomène s'accroît légèrement avec l'eutrophisation du milieu.
- L'apparition récente de subventions vouées à l'élimination des espèces de poissons indésirables a entraîné une soudaine et importante augmentation de l'exploitation. L'intensification de cette dernière a provoqué une modification des structures de populations, qui passent de configurations où les classes d'âges se succèdent sous la forme de vagues d'importances variables, influencées par les conditions naturelles (principalement climatiques), à des situations dominées par les jeunes poissons, dont l'expansion a été favorisée par la disparition des classes plus âgées, catégories de gardons visées par les pêcheurs professionnels.
- L'évolution du degré d'eutrophisation provoque une augmentation notable de la vitesse de croissance. Celle-ci, par rapport aux descriptions faites par d'autres auteurs, est élevée dans les trois grands lacs investigués. Les gardons provenant du Loclat sont quant à eux

relativement petits, les conditions nutritionnelles très précaires de ce milieu semblent en être la cause principale.

si les gardons provenant des lacs de Neuchâtel, de Bienne et des Quatre-Cantons ne diffèrent que très peu par quelques caractères biométriques dénombrables, ceux du Loclat se distinguent par de nombreuses caractéristiques différentes, telles que vitesse de croissance, relations "longueur du corps/longueur totale", "longueur totale/poids" et par une série de caractères biométriques. Ils constituent donc une parfaite illustration du profond polymorphisme relevé chez cette espèce.

Lors du travail de dépouillement des statistiques fédérales et cantonales de pêche, un aspect faunistique touchant des espèces de poissons ne constituant pas directement l'objet de cette étude, nous a semblé intéressant à analyser.

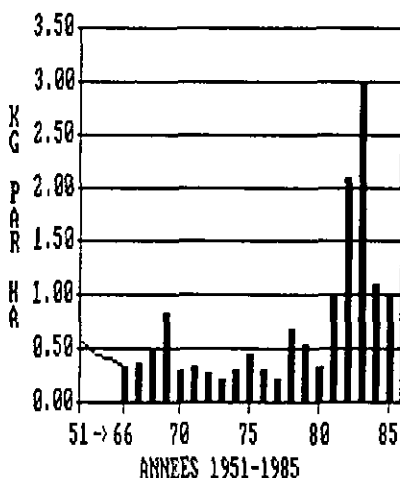
En effet, comme nous l'avons vu, depuis l'introduction des subventions fédérales et cantonales vouées à l'élimination des poissons indésirables, la pression de pêche dirigée principalement sur les gardons s'est considérablement accrue (figure 22, page 45). Il nous a dès lors paru intéressant d'examiner si, et dans quelle mesure, d'autres espèces étaient capturées lors de ces campagnes de pêche. Nous nous sommes bornés pour ce faire au seul lac de Neuchâtel, lac dont les statistiques cantonales de pêche sont détaillées et dont la population de brèmes franches (Abramis brama L.) a récemment fait l'objet d'un travail du même type (ZAUGG, 1983).

Comme nous l'avons relevé lors de notre étude précédente et ainsi qu'en témoignent les statistiques de pêche (figure 47), l'effort de pêche dirigé sur les brèmes franches, qui se situe principalement au printemps et au début de l'été sur les lieux de frai (zones littorales de faible profondeur, riches en végétation aquatique),

s'est considérablement accru depuis l'apparition des subventions. La vaste aire de répartition (LELEK, 1980) et l'abondance en Suisse de cette espèce (Atlas de répartition des poissons et écrevisses de la Suisse; PEDROLI & AL., en préparation) lui évitent d'être menacée.

Qu'en est-il des autres espèces, fréquentant les mêmes milieux à des périodes identiques et par conséquent susceptibles d'être capturées ?

Figure 47 : Statistiques de pêche brèmes / Neuchâtel



- par chance, les jeunes individus et poissons de petites tailles échappent généralement aux filets, dont la dimension des mailles utilisées dans ce contexte de pêche, égalent ou dépassent 40 mm de diamètre. Ainsi des espèces indigènes considérées comme rares sur le plan Suisse par l'Atlas de répartition des poissons et écrevisses de la Suisse (PEDROLI & AL., en préparation), telles que par exemple la bouvière (Rhodeus sericeus amarus BLOCH) sont épargnées.

- par contre d'autres espèces de plus grande dimension sont capturées lors de ces pêches (annexe 6). Nous avons choisi d'examiner trois cas dont le détail des captures figure dans les statistiques cantonales de pêche professionnelle, celui de la carpe sauvage (Cyprinus carpio L.), celui de la tanche (Tinca tinca L.) et celui du silure (Silurus glanis L.). On constate aisément, à l'examen des statistiques (figures 48, 49 et 50), que les rendements de pêche de ces espèces ont augmenté dès l'apparition des subventions en 1971.

Figure 48 : Statistiques de
pêche carpes / Neuchâtel

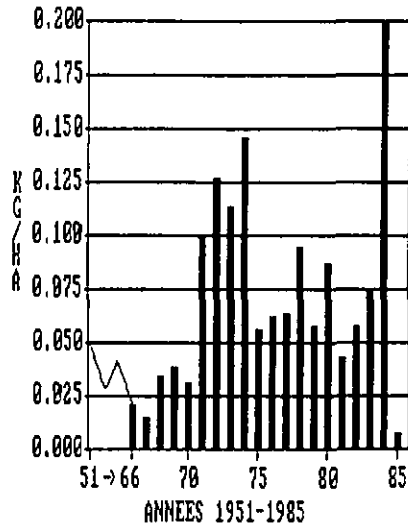


Figure 49 : Statistiques de
pêche tanches / Neuchâtel

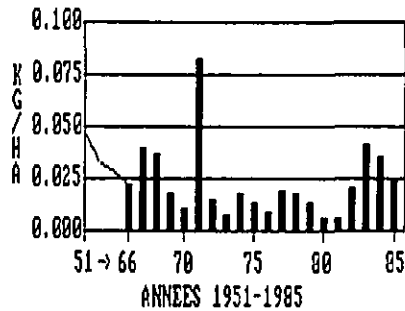
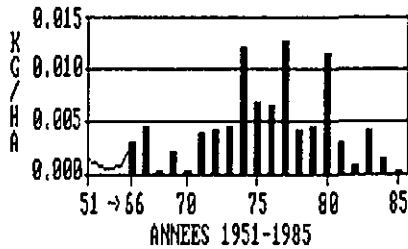


Figure 50 : Statistiques de
pêche silures / Neuchâtel



Si cette exploitation ne revêt qu'une importance mineure pour des espèces relativement bien répandues, donc peu menacées, telles que les tanches (figure 51), le cas des carpes mérite qu'on y accorde une certaine attention; en effet, si cette espèce était autrefois fréquente, elle tend actuellement à diminuer en Suisse (figure 52) ainsi que sur toute son aire de répartition (LELEK, 1980).

Le cas du silure, espèce fortement menacée selon LELEK(1980), et dont l'aire de répartition en Suisse est très réduite (figure 53) est encore plus préoccupant et mérite par conséquent une attention particulière, ceci afin d'éventuellement élaborer, dans le cas d'un nouvel accroissement des prélèvements, la mise en place de mesures de protection rigoureuses de cette espèce.

Figure 51 : Distribution en Suisse de la tanche

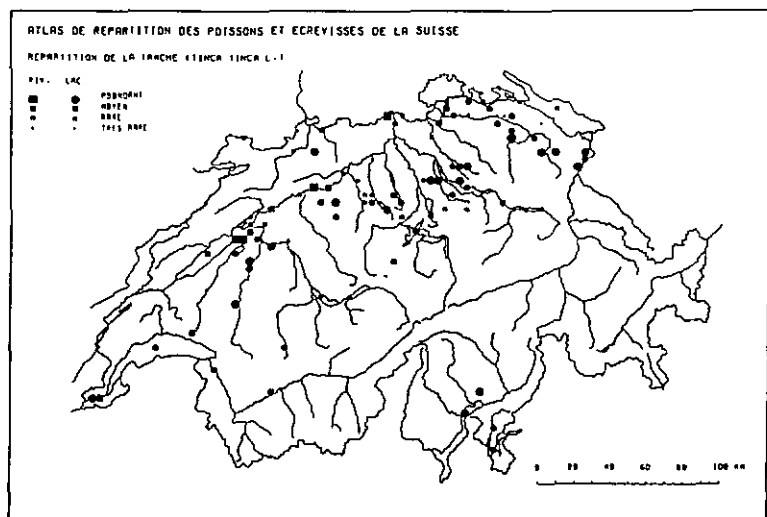


Figure 52 : Distribution en Suisse de la carpe

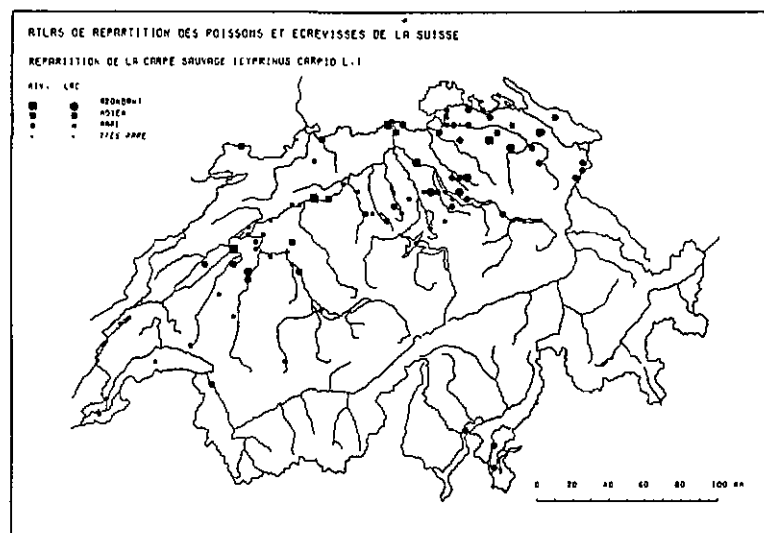
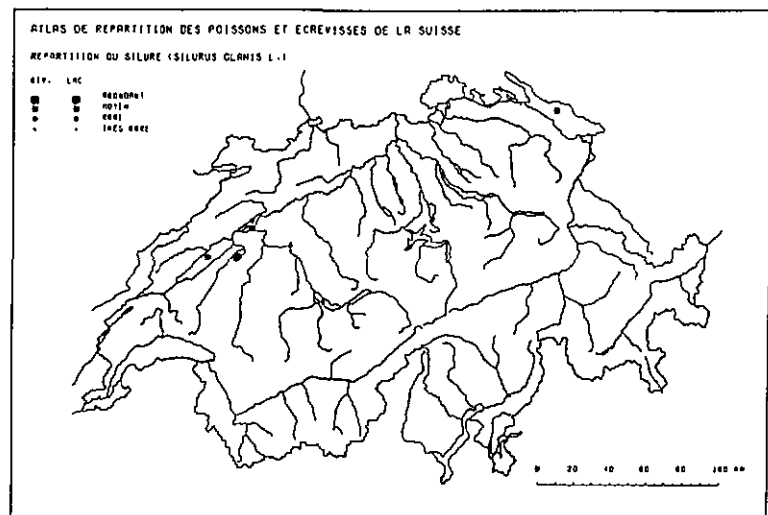
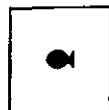


Figure 53 : Distribution en Suisse du silure



La lutte contre la prolifération des poissons blancs implique donc un suivi indispensable des statistiques de pêche, celles-ci devant être le plus détaillées possible. Ceci, dans le but de déterminer dans quelle mesure, des espèces reconnues comme rares sont menacées directement par l'intensification des prélèvements de poissons "indésirables", et de prendre le cas échéant des mesures de protection efficaces.



VII. R E S U M E / Z U S A M M E N F A S S U N G /

=====

S U M M A R Y

=====

RESUME

- nous avons étudié différents aspects de la biologie générale, de la biométrie et de la dynamique des populations de gardons (Rutilus rutilus L.) issus de quatre lacs du plateau suisse et soumis à des pressions externes naturelles et/ou artificielles d'intensités variables.
- le gardon est l'un des Téléostéens les plus communs et répandus de l'aire Eurasiennne, il est recensé en Suisse, au Nord des Alpes, jusqu'à près de 1800 m d'altitude.
- il s'agit d'une espèce polymorphe, dont les caractéristiques biométriques (caractères dénombrables et morphométriques) varient considérablement selon sa provenance.
- les caractéristiques biométriques établies dans ce travail sont valables pour les gardons présents dans les eaux helvétiques (Nord des Alpes). De fortes variations existent de part et d'autre de l'aire de répartition.
- La proportion d'hybrides de Cyprinidés augmente inversement à la dimension du milieu, cette situation s'explique par la forte coïncidence des frayères existant dans les petits lacs.
- L'hybride de Cyprinidés le plus fréquemment rencontré est issu du croisement intergénérique : gardon x brème franche (Abramis brama L.), il s'agit de la brème de Bugghenhagen.
- les variations dans les sens des croisements, les cas d'interfécondité et de croisements en retour compliquent l'identification de nombreux types d'hybrides.

- la maturité sexuelle des gardons survient généralement à 2 ans pour les mâles et à 3 ans pour les femelles. Les variations des degrés d'eutrophisation des milieux investigués dans le cadre de ce travail ne semblent pas avoir influencé la précocité des gardons.
- le sex-ratio varie considérablement selon les classes d'âges dans le sens d'une diminution toujours plus importante des mâles au fur et à mesure de l'augmentation en âge. Cette situation est provoquée par un taux de mortalité plus élevé chez les mâles matures que chez les femelles. Ce phénomène s'accroît légèrement avec l'eutrophisation du milieu.
- l'apparition soudaine de subventions vouées à l'élimination des espèces de poissons indésirables a entraîné une soudaine et importante pression de pêche. Cette situation a provoqué une modification des structures de populations de gardons.
- les courbes de croissance actuelles des gardons sont établies. L'effet de l'évolution du degré d'eutrophisation sur l'augmentation de la vitesse de croissance est mise en évidence.
- l'impact possible, sur différentes espèces plus ou moins rares, provoqué par les campagnes de pêche destinées à l'élimination des poissons indésirables est souligné.

ZUSAMMENFASSUNG

- In der vorliegenden Arbeit wurden verschiedene Aspekte der Biologie, der Biometrie und der Populationsdynamik von Rotaugen (Rutilus rutilus L.) aus vier verschiedenen Seen des Schweizerischen Mittellandes mit unterschiedlicher Befischungsintensität untersucht.

- Das Rotaugen ist einer der häufigsten und in Eurasien am weitesten verbreiteten Knochenfische; in der Schweiz wird es nördlich der Alpen bis in Höhen von ca. 1800 m vorgefunden.
- Beim Rotaugen handelt es sich um eine polymorphe Spezies, deren Morphologie (morphometrische und meristische Charaktere) je nach Herkunft stark variiert.
- Die im Rahmen dieser Arbeit vorgefundenen morphologischen Charakteristika sind nur für die in schweizerischen Gewässern beheimateten Rotaugen gültig, da die Variationsbreite innerhalb des Verbreitungsgebietes sehr gross ist.
- Je kleiner das Gewässer, umso ist grösser der Anteil der Hybriden mit andern Karpfenartigen innerhalb einer Population; dies ist dadurch erklärbar, dass sich in kleineren Gewässern die artspezifischen Laichplätze eher überschneiden.
- Der am häufigsten gefundene Hybride ist das Resultat der Kreuzung von Rotaugen x Brachsen (Abramis brama L.) - der "Buggenhagener-Brachsen".
- Das Kreuzungsniveau (Art, Gattung) und die Rückkreuzungen komplizieren die Identifizierung vieler Hybriden ausserordentlich.
- Die Männchen der Rotaugen werden im allgemeinen mit 2 Jahren, die Weibchen mit 3 Jahren geschlechtsreif. Der Eutrophierungsgrad des Lebensraumes scheint das Alter der Geschlechtsreife der Rotaugen aus den hier bearbeiteten Gewässern nicht zu beeinflussen.
- Das Geschlechtsverhältnis variiert je nach Alterklasse beträchtlich : mit zunehmendem Alter wird der Anteil Männchen immer kleiner. Dies wird durch eine höhere Mortalität der geschlechtsreifen Männchen erklärt. Mit zunehmender Eutrophierung des Lebensraumes tritt dieses Phänomen stärker zutage.

- Die in den letzten Jahren ausgerichteten staatlichen Beiträge zur Reduktion von Fischbeständen mit geringem kommerziellem Wert hatten einen plötzlichen und starken Anstieg des Befischungsdruckes zur Folge. Dadurch wurde die Populationsstruktur der Rotaugen bedeutend verändert.
- Aktuelle Wachstumskurven wurden ausgearbeitet. Damit konnte eine eutrophierungsbedingte Wachstumsbeschleunigung aufgezeigt werden.
- Es wird hervorgehoben, das die Kampagnen zur Reduktion der Weissfischbestände unerwünschte Auswirkungen auf andere, mehr oder weniger seltene Arten haben können.

SUMMARY

- we have studied different aspects of general biology, biometry and dynamics of populations of roaches (Rutilus rutilus L.) from four Swiss lakes, subject to external natural and/or artificial pressures of variable intensities.
- the roach is one of the commonest and most widespread Teleost of the Eurasian area. It is recorded in Switzerland (North of the Alps) up to about 1800 m in altitude.
- it is a polymorphic species of which the biometrical characters (meristic and morphometric) vary considerably according to its origin.
- the biometrical characters established in the work are valuable for the roaches present in the swiss waters (North of the Alps). Some strong variations exist on all sides of the area of distribution.

- the proportion of hybrids of Cyprinids increase inversely to the dimension of the habitat, the situation explains itself by the strong coincidence of the spawning places existing in the small lakes.
- the Cyprinids hybrid the most frequently encountered has descended from the intergeneric breeding : roach x bream (Abramis brama L.), it is the bream of Bugghenagen.
- the variation in the direction of breeding, the cases of interfecundity and of back-crossing complicate the identification of numerous types of Cyprinids hybrids.
- the sexual maturity of the roaches occurs generally at 2 years for the males and 3 years for the females. The variations of degrees of eutrophication of the investigated lakes dont seem to have influenced the precocity of the roaches.
- the sex-ratio varies considerably according to the age groups, in a direction of a gradual decrease always more important for males as age increases. This feature is attributed to a differential mortality between the sexes. This phenomenon seems to be slightly accentuated with the eutrophication.
- the recent apparition of subventions dedicated to the elimination of undesirable fish species has brought upon a sudden and important pressure to fishery. This situation has provoked a modification of structures of roach populations.
- the growth curves of roaches are established. The phenomenon of increasing growth rates associated with progressing lake eutrophication has been demonstrated.
- the possible impact, on different vulnerable or endangered species, provoked by the fishery campaigns destined to the elimination of undesirable fish is considered.



VIII. BIBLIOGRAPHIE

=====

AMBUEHL, H. -(1982): Eutrophierungskontrollmassnahmen an Schweizer Mittellandseen. - Z. Wass. Abwass. Forsch. 15, p.113-120.

AMBUEHL, H. -(1986): Ist der Vierwaldstättersee bereits "über den Berg" ? - Vaterland Nr.4, p.3.

BACKIEL, T. & ZAWISZA, J. -(1968): Synopsis of biological data on the bream (Abramis brama L.). - FAO Fisheries Synopsis 36.

BAER, JEAN-G. -(1962): Le Loclat. Saint-Blaise au bord de l'eau. - Saint-Blaise, Commission du 3 février, p.3-10.

BANARESCU, P. -(1960): Einige Fragen zur Herkunft und Verbreitung der Süßwasserfischfauna der europäisch-mediterranen Unterregion. - Arch. Hydrobiol. 57, 1/2, p.16-134.

BARLOW, G.-W. -(1961): Causes and significance of morphological variation in fishes. - Syst. Zool. 10, p.105-117.

BERG, A., BORELLA, A. & COCCHI, M. -(1965): Statistical criteria and data processing procedure adopted for a biological study of two fish species. -EURATOM - EUR 2545.e.

BERG, L.-S. -(1932): Uebersicht der Verbreitung der Süßwasserfische Europas. - Zoogeographica 1(2), p.107-208.

BERG, L.-S. -(1949): Ryby presnych vod SSSR; sopredelnich stran <fish in freshwater of the USSR and the adjacent countries>. - II. Izd. Akademii Nauk. SSSR, Moskva - Leningrad. (en russe).

- BERTIN, L. -(1958): Sexualité et fécondation. - Traité de Zoologie, Grassé Pierre P., Tome XIII, Fasc. II, Masson & Cie, Paris, p.1584-1594.
- BRABAND, A. -(1985): Food of roach (Rutilus rutilus) and ide (Leuciscus idus) : significance of diet shift for interspecific competition in omnivorous fishes. - Oecologia 66, p.461-467.
- BRENNER, T. -(1973): Die Auswirkung der Eutrophierung des Bodensees auf Nahrung und Wachstum der Plötze (Rutilus rutilus). - Fischwirt 23, p.98-99.
- BURROUGH, R. J. & KENNEDY, C. R. -(1979): The occurrence and natural alleviation of stunting in a population of roach, Rutilus rutilus (L.). - J. Fish Biol. 15, p.93-109.
- BUESSER, P. & TSCHUMI, P.- A. -(1987): Nahrungsökologie der Rotaugen (Rutilus rutilus L.) im Litoral und Pelagial des Bielersees. - Schweiz. Z. Hydrol. 49/1, p.62-74.
- CARLANDER, K.-D. -(1981): Caution on the use of the regression method of back-calculating lengths from scale measurements. - Fisheries 6/1, p.2-4.
- CHEVALIER, Y. & DECRAUSAZ, P. -(1974): Etude de la nutrition du Vengeron (Rutilus rutilus). - Inst. Ecol. Anim., Lausanne. 12 pp.
- CLUB DES AMIS DE LA NATURE DE NEUCHÂTEL -(1907): Le lac de Saint-Blaise. Histoire, hydrographie, faune des Invertébrés. - Bull. SNG 18, p.5-46.
- DEELDER, C. L. -(1984): Synopsis of biological data on the eel (Anguilla anguilla L.) - FAO Fisheries Synopsis 80. Revision 1. Rome. 73 pp.
- DÖLDER, B. -(1977): Fischerei auf dem Vierwaldstättersee. - Zürich, Diplomarbeit, Universität Zürich. 171 pp.

- DOTTRENS, E. -(1951): Les Poissons d'eau douce. - Delachaux & Niestlé S.A., Neuchâtel-Paris . 2 vol., 186 et 227 pp.
- EAWAG -(1987): Sct. hydrobiologie et limnologie du laboratoire de recherche lacustre de l'ETH. - 6047 KASTANIENBAUM (LU).
- FATIO, V. -(1882): Faune des Vertébrés de la Suisse.
- Histoire naturelle des poissons, vol. IV. Librairie H.GEORG, Genève - Bâle. 786 pp.
- FUHRMANN, O. -(1909 a.): Un cas d'hermaphrodisme chez un Vengeron (Leusciscus rutilus) du lac de Neuchâtel.
- Bull. soc. neuchâtel. Sci. nat. 36, p.82-85.
- GOLDSPINK, C. R. -(1978 a): The population density, growth rate and production of bream, Abramis brama, in Tjeukemeer, the Netherlands. - J. Fish Biol. 13, p.499-517.
- GOLDSPINK, C. R. -(1978 b): Comparative observations on the growth rate and year class strength of roach Rutilus rutilus (L.) in two Cheshire Lakes, England. - J. Fish Biol. 12, p.421-433.
- GOLDSPINK, C. R. -(1979): The population density, growth rate and production of roach Rutilus rutilus in Tjeukemeer, The Netherlands. - J. Fish Biol. 15, p.473-498.
- HALD, A. -(1969): Statistical theory with engineering applications. -Wiley Publications in Statistics. USA, New-York. 783 pp.
- HAMLEY, J. M. -(1975): Review of gillnet selectivity. - J. Fish. Res. Bd. Canada 32/11, p.1943-1969.
- HAMMER, C. -(1985): Feeding behaviour of roach (Rutilus rutilus) larvae and the fry of perch (Perca fluviatilis) in Lake Lankau. - Arch. Hydrobiol. 103/1, p.61-74.
- HANSEN, L.-P. -(1978): Age determination of roach, Rutilus rutilus (L.) from scales and opercular bones. - Arch. FischWiss. 29, 1/2, p.93-98.

- HEALEY, M. -(1980): Growth and recruitment in experimentally exploited lake whitefish (Coregonus clupeaformis) populations. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 37, p.255-267.
- HELLER, R. -(1974): Manuel de statistique biologique. - Gauthier-Villars, Paris. 298 pp.
- HOFSTEDE, A. E. -(1974): Studies on growth, ageing and back-calculation of roach Rutilus rutilus (L.) and dace Leuciscus leuciscus (L.). - In Bagenal, T. B.: Ageing of fish. Unwin Brothers, Old Working, p.137-147.
- HOLCIK, J. -(1967): Annulus formation on the scales of six fish species from the Klivaca reservoir (Czechoslovakia). - Vest. cst. Spol. zool. 31, p.159-161.
- HOLCIK, J. & SKOREPA, V. -(1971): Revision of the roach, Rutilus rutilus (Linnaeus, 1758), with regard to its subspecies. - Annot. Zool. Bot. 64, p.1-60.
- HUBBS, C.-L. -(1955): Hybridization between fish species in nature. - Syst. Zool. 4, p.1-20.
- JAFRI S. I. H. & ENSOR D. M. -(1979): Occurrence of an intersex condition in the roach Rutilus rutilus (L.). - J. Fish Biol. 15, p.547-549.
- JOHNSON, L. -(1972): Keller Lake: Characteristics of a culturally unstressed salmonid community. - J. Fish. Res. Bd. Canada 29. p.731-740.
- JORNOD, G. -(1974 à 1985): Observations météorologiques faites en (1974 à 1985) à l'observatoire cantonal de Neuchâtel. - Bull. soc. neuchâtel. Sci. nat. 98 à 108.
- KIRCHHOFFER, A. & TSCHUMI, P.-A. -(1986): Age structure and growth of coregonid fish populations in Lake Thun. - Arch. Hydrobiol. Beih. 22, p.303-318.
- LAMOTTE, M. -(1971): Initiation aux méthodes statistiques en biologie. - Masson, Paris. 143 pp.

- LANG, B. & C. -(1983): Effets combinés de la pêche et de l'eutrophisation sur la perche (Perca fluviatilis L.) dans les eaux vaudoises du Léman. - Schweiz. Z. Hydrol. 45/2, p.480-494.
- LEFEVRE, M. -(1940): Contribution à la connaissance de la nutrition chez les poissons. Nutrition comparée de Gardonus rutilus (L.) et Cyprinus carpio (L.). - Bull. Fr. Piscic. 120, p.71-79.
- LELEK, A. -(1980): Threatened freshwater fishes of Europe. - Nature and environment series No 18, Council of Europe, Strasbourg. 269 pp.
- LIBOVARSKY, J. & SAEED, D.-W. -(1984): Biometrics and population breakdown in roach. - Acta scient. natur. scient. Bohemo. 11, p.1-44.
- LINFIELD, R. S. J. -(1979): Age determination and year class structure in a stunted roach, Rutilus rutilus population. - J. Fish Biol. 14, p.73-87.
- LOEFFLER, H. -(1982): Zur Oekologie des Brachsen (Abramis brama (L.)) im Bodensee. - Tübingen, Dissertation, Universität Tübingen. 65 pp.
- MAITLAND, P. S. -(1976): Hamlyn Guide to Freshwater Fishes. - The Hamlyn Publishing Group Limited. 255 pp.
- MANN, R. H. K. -(1973): Observations on the age, growth, reproduction and food of the roach Rutilus rutilus L. in two rivers in southern England. - J. Fish Biol. 5, p.707-736.
- MAYR, E. -(1969): Principles of systematic zoology. - Mac Graw-Hill Book Company. 428 pp.
- MUELLER, R. -(1983): Das Weissfischproblem im Alpnacher See. - Fischw. 5, p.37-39.

- MUELLER -(1984): Total-/maximallänge bei Rutilus rutilus.
- ETHZ, Ueberlandstrasse 133, 8600 Dübendorf, Schweiz.
1 pp.
- MUELLER, R. & MENG, H. J. -(1986): Factors governing the growth rate of roach Rutilus rutilus (L.) in pre-alpine Lake Sarnen. - Schweiz. Z. Hydrol. 48/2, p.135-144.
- NIKOLJUKIN, N.-J. -(1948): Interspecific hybrids of bony fishes, their morphology and significance for taxonomy. - (Ru). Zool. Zhurnal 27, p.343-353.
- NUEMANN, W. -(1939): Untersuchungen über die Biologie einiger Bodenseefische in der Uferregion und den Randgebieten des freien Sees. - Zeitschr. f. Fischerei 37, p.637-688.
- PAPAGEORGIOU, N. K. -(1979): The length weight relationship, age, growth and reproduction of the roach Rutilus rutilus (L.) in Lake Volvi. - J. Fish Biol. 14, p.529-538.
- PATTAY, D. -(1978): Contribution à l'aménagement de la pêche de la perche dans le lac de Neuchâtel. - Rapport de la Commission intercantonale de la pêche dans le lac de Neuchâtel, Lausanne. 53 pp.
- PEDROLI, J.-C. -(1983): Les corégones du lac de Neuchâtel : rendement de la pêche; âge et croissance des individus capturés par les pêcheurs professionnels. - Schweiz. z. Hydrol. 45/1, p.345-358.
- PEDROLI, J.-C. & PEDROLI-CHRISTEN, A. -(1983): Contribution à l'étude d'un peuplement piscicole dans un lac non pêché du Plateau suisse. - Bull. Soc. neuchâtel. Sc. nat. 106, p.115-122.
- PEDROLI, J.-C., KIRCHHOFFER, A. & ZAUGG, B. -(en préparation): Atlas de répartition des poissons et écrevisses de la Suisse.

- PENCZAK, T., LORENC, E., LORENC, J. & ZDZIENNICK, M. -(1979):
The ecology of roach, Rutilus rutilus (L.), in the
barbel region of the polluted Pilica river.
V. Estimation of the age and growth according to the
opercular bones. - Ekol. pol. 27/1, p.135-154.
- PEPIN, H., MOREAU, G., MARAZZATO, S. & GERY, J. -(1970):
Biométrie d'un hybride naturel de poissons Cyprinidae,
la brème de Buggenhagen. - Ann. Hydrobiol. 1, p.43-54.
- PETHON, P. -(1978): Age, growth, and maturation of natural
hybrids between roach (Rutilus rutilus L.) and bream
(Abramis brama L.) in Lake Oyeren, SE Norway. - A.
Hydrobiol. 20/4, p.281-294.
- POKORNI, B. -(1983): Evolution de l'état sanitaire du lac de
Neuchâtel (Baie d'Auvernier) de 1975 à 1980. - Rapport
interne du S. cant. de la prot. de l'env. (NE). 43 pp.
- POKORNI, B. -(1984): Etat sanitaire du lac de Neuchâtel en 1982
et 1983. - Rapport interne du S. cant. de la prot. de l'env.
(NE). 45pp.
- POLLOCK, B. R. -(1985): The reproductive cycle of yellowfin
bream, Acanthopagrus australis (Günther), with
particular reference to protandrus sex inversion.
- J. Fish Biol. 26, p.301-311.
- QUARTIER, A. -(1948): Le lac de Neuchâtel. - Mémoires Soc.
neuchâtel. Géog. 1. 164 pp.
- QUARTIER, A. -(1980): Les poissons de nos lacs et rivières.
- Edition Mondo, Lausanne. 150 pp.
- RICKER, W. E. -(1980): Calcul et interprétation des
statistiques biologiques des populations de poissons.
- Bull. fish. Res. Board Can. 191F. 409 pp.
- RIEDWYL, H. -(1980): Regressionerade und Verwandtes. - Haupt,
Bern/Stuttgart. 141 pp.

- ROTH, H. -(1969): Le problème des poissons blancs en Suisse.
- Pub. du Serv. féd. de la prot. des eaux et de l'Insp.
féd. de la pêche No 26, p.11-85.
- RUFLI, N. -(1979): Ernährung und Wachstum der Felchen-
populationen (Coregonus spp.) des Thuner- und Bielersees.
- Schweiz. Z. Hydrol. 41/1, p.64-93.
- RUNLE, Ch. -(1976): Die Bewirtschaftung des Seesaiblings
(Salvelinus alpinus salvelinus L.) im Zugersee.
- Dissertation No 5809, Ecole polytechnique fédérale,
Zurich. 221 pp.
- SAEED, D. W. & LIBOVARSKY, J. -(1983): Scale growth in roach
(Rutilus rutilus) from the Musov reservoir,
Czechoslovakia. - Folia Zoologica 32(4), p.375-382.
- SERVICE CANTONAL DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT (SCPE)
-(1984, 1985 et 1986): Administration cantonale
neuchâteloise, rue du Tombet 24, 2034 PESEUX (NE).
- SCHWEIZER, C. & ARAGNO M. -(1975): Etude des hydrogéo-
bactéries dans un petit lac, (Le Loclat, ou lac de
Saint-Blaise). (Note préliminaire). Bull. Soc.
neuchâtel. Sc. nat. 98, p.79-86.
- SOLLBERGER, H. -(1974): Le lac de Neuchâtel (Suisse). Ses
eaux, ses sédiments, ses courants sous-lacustres.
- Neuchâtel. Thèse, Université de Neuchâtel. 434 pp.
- SPELLMANN, CH. -(1961): Poissons d'eau douce. - Faune de
France, vol. 65. Lechevalier, Paris. 303 pp.
- STADELMANN, P. -(1984): Der Vierwaldstättersee und die Seen
der Zentralschweiz. - Keller & Co., Luzern. 256 pp.
- STEITZ, E. & STENGEL, G. -(1984): Die Stämme und Klassen des
Tierreichs. - Verlag Chemie, Basel. 413 pp.

- SVAERDSON, G. -(1949): Note on spawning habits of Leusciscus erythrophthalmus (L.), Abramis brama (L.) and Esox lucius (L.). - Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm 29, p.102-107.
- SVAERDSON, G. -(1952): Spawning behaviour of Leusciscus rutilus (L.) . - Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm 33, p.199-203.
- TIMMERMANS, J.-A. -(1985): De visstand in enkele waterwegen van het IJzer-en het Kustbekken. - Travaux Serie D. No.53, St. de Rech. Forest. et Hydrobiol., B-1990 Groenendaal-Hoeilaart (Belgique).
- TSCHUMI, P.-A., BANGERTER, B. & ZBAEREN, D. -(1982): Zehn Jahre limnologische Forschung am Bielersee (1972-1981). - Vierteljahrsschrift der Naturforschenden Gesellschaft in Zürich, 127/4, p.337-355.
- TSCHUMI, P.-A. -(1986): 15 Jahre Bielersee-Forschung. - Bieler Tagblatt 05.12.1986, p.13.
- * VIBERT, R. & LAGLER, K. F. -(1961): Pêches continentales : biologie et aménagement. Dunod, Paris. 720 pp.
- * WALLIN, O. -(1957): On the growth structure and developmental physiology of the scale of fishes. - Rep. Inst. Freshw. Res. Drottningholm 38, p.195-199.
- WHEELER, A. -(1969): The Fishes of the British Isles and North-West Europe. - London. MacMillan.
- WILSON, R. S. -(1971): The decline of a roach Rutilus rutilus (L.) population in Chew Valley Lake. J. Fish Biol. 3, p.129-137.
- * ouvrages consultés mais non cités

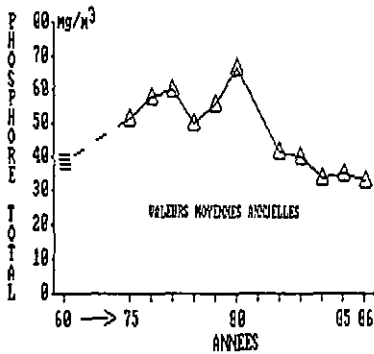
- YOUNG, P. C. & MARTIN R. B. -(1985): Sex ratios and hermaphroditism in nemipterid fish from northern Australia. - J. Fish Biol. 26, p.273-287.
- ZAUGG, B. -(1983): La biologie de la brème franche (Abramis brama L.) et de la brème bordelière (Bllicca bjoerkna L.) dans le lac de Neuchâtel. - Travail de diplôme, Institut de Zoologie, Université de Neuchâtel. 61 pp.
- ZAUGG, B. -(en préparation): Quelques aspects de la biologie et de la dynamique de la population de brèmes franches (Abramis brama L.) du lac de Neuchâtel.

A N N E X E 1

EVOLUTION DE LA TENEUR EN PHOSPHORE TOTAL

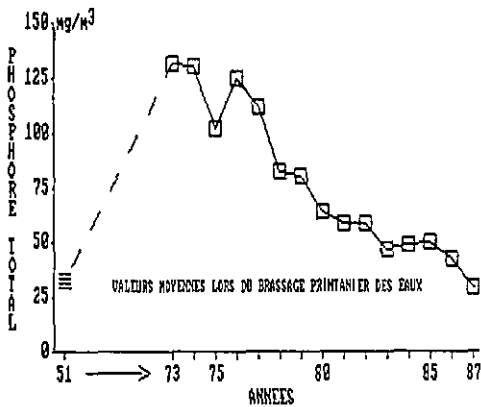
GRAPHE 1 : LAC DE NEUCHÂTEL

Selon POKORNI(1983, 84) &
SCPE(1984, 85, 86), comm. pers.



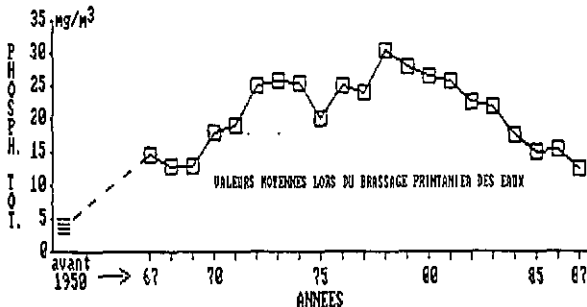
GRAPHE 2 : LAC DE BIENNE

Selon TSCHUMI(1986)



GRAPHE 3 : LAC DES 4-CANTONS

Selon EAVAG(1987), comm. pers.

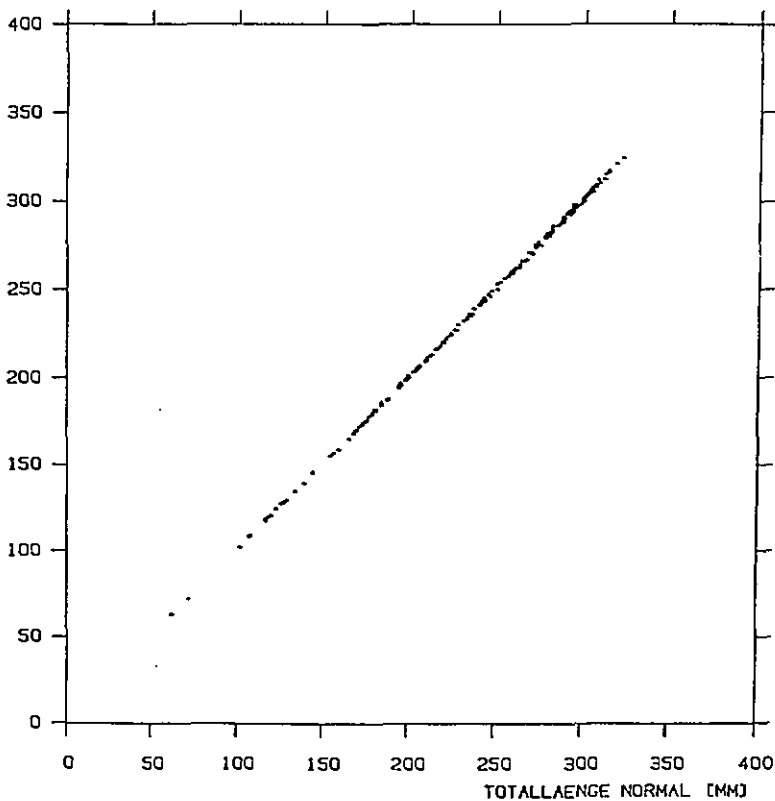


RELATIONS "LONGUEUR TOTALE / LONGUEUR MAXIMALE"

Selon MUELLER(1984)

TOTAL-/MAXIMALLAENGE BEI RUTILUS RUTILUS

TOTALLAENGE MAXIMAL [MM]



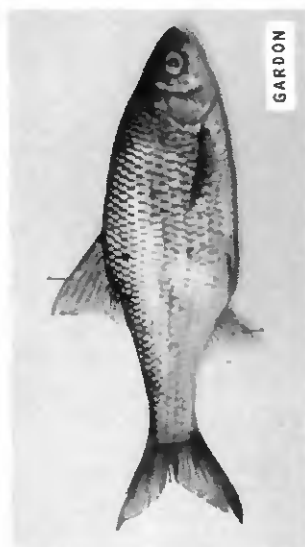
$$TL_{max} = 1.00458 * TL_{nor}$$

$$TL_{nor} = 0.995441 * TL_{max}$$

n = 248

TL_{nor}: 100 200 300 400 mm

TL_{max}: 100.458 200.916 301.374 401.832 mm



A N N E X E 4

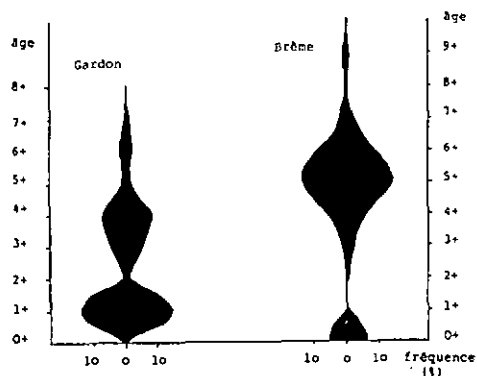
NOMS SCIENTIFIQUES DES POISSONS ENUMERES DANS LE TABLEAU 17,
POINT V.3.2.1, DETAIL DES CAPTURES DU FILET MULTIMAILLES.

NOMS FRANCAIS -----	NOMS SCIENTIFIQUES -----
GARDON	RUTILUS RUTILUS (L.)
PERCHE	PERCA FLUVIATILIS (L.)
GOUJON	GOBIO GOBIO (L.)
BREME FRANCHE	ABRAMIS BRAMA (L.)
BREME BORDELIERE	BLICCA BJOERKNA (L.)
ROTENGLE	SCARDINIUS ERYTHROPHTHALMUS (L.)
ABLETTE	ALBURNUS ALBURNUS (L.)
TANCHE	TINCA TINCA (L.)
VANDOISE	LEUCISCUS LEUCISCUS (L.)
BROCHET	ESOX LUCIUS (L.)
COREGONE	COREGONUS SP.
TRUITE DE LAC	SALMO TRUTTA LACUSTRIS (L.)
OMBLE	SALVELINUS ALPINUS (L.)
OMBRE	THYMALLUS THYMALLUS (L.)
BARBEAU	BARBUS BARBUS (L.)

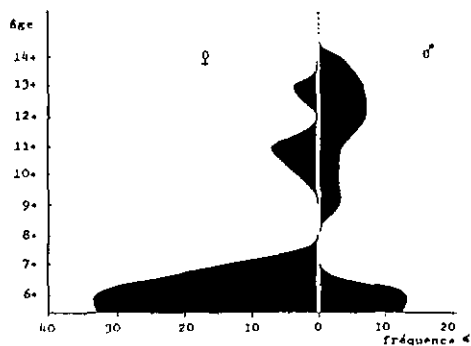
A N N E X E 5

STRUCTURES DE POPULATIONS "NON EXPLOITEES"

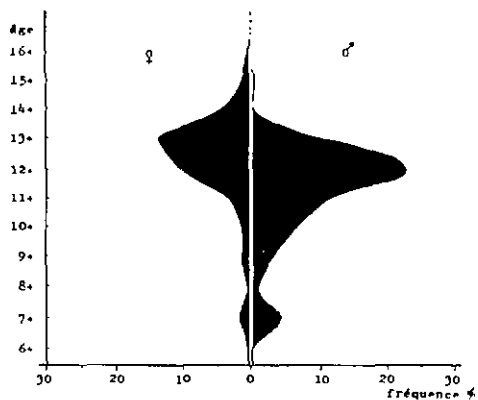
Gardons et brèmes franches
selon PEDROLI & AL.(1983)



Brèmes bordelaises
selon ZAUGG(1983)

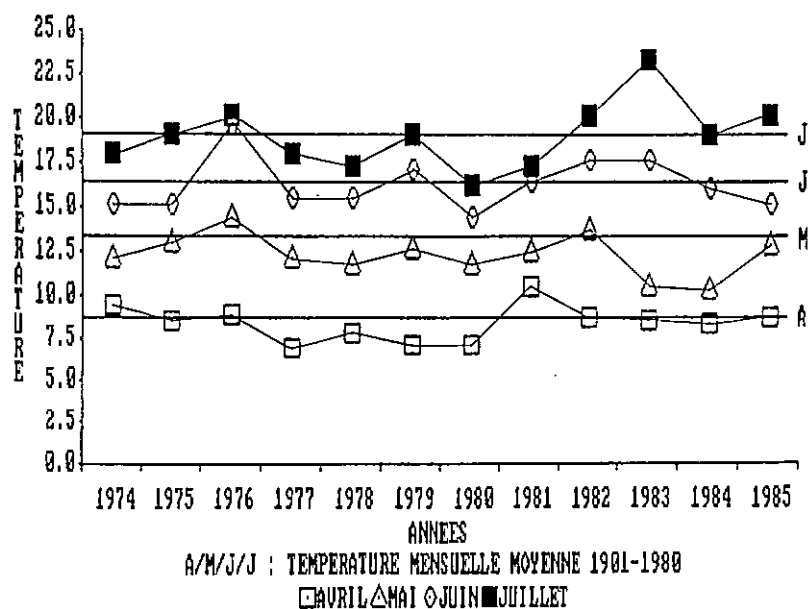


Brèmes franches
selon ZAUGG(1983)



A N N E X E 6

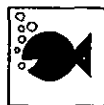
TEMPERATURES MENSUELLES MOYENNES OBSERVATOIRE DE NEUCHÂTEL



A N N E X E 7 : CARPE SAUVAGE ET SILURE GLANE CAPTURES

ACCIDENTELLEMENT LORS DES CAMPAGNES
D'ELIMINATION DES POISSONS INDESIRABLES





REMERCIEMENTS

Cette étude n'aurait pu être réalisée sans le soutien de nombreuses personnes et institutions que je tiens à remercier sincèrement.

J'exprime tout d'abord ma profonde reconnaissance au Dr. Jean-Carlo Pedroli, Inspecteur de la pêche et de la chasse du canton de Neuchâtel et Privat-Docent à l'Université de Neuchâtel, qui en tant que directeur de thèse m'a généreusement prodigué conseils, encouragements et aide.

Ma gratitude s'adresse également au Prof. Claude Mermod de l'Institut de zoologie de l'Université de Neuchâtel, au Dr. Rudolf Müller de l'EAWAG/ETN (Kastanienbaum) ainsi qu'au Prof. Pierre-André Tschumi de l'Institut de zoologie de l'Université de Berne pour avoir accepté d'être les membres du jury de la présente thèse.

Je tiens également à remercier M. Claude Stumpf, pêcheur professionnel à Hauterive (NE), dont l'amitié, l'aide et la patience m'ont permis de réaliser ce travail.

Mon ami Arthur Kirchhofer qui m'a fait bénéficier de ses compétences en matière de rétro-calculations notamment, reçoit mes chaleureux remerciements.

MM. Arnold et Marcel Martin, pêcheurs professionnels à Ligerz (BE) ont également droit à toute ma gratitude.

Ma gratitude va également au Dr. Rudolf Müller (EAWAG) et à M. Josef Muggli (garde-pêche LU) qui m'ont aimablement fourni documents, aide et conseils.

Je remercie les Drs. Peter Friedli et Jürg von Orelli, responsables du service de la pêche du canton de Berne, pour les facilités qu'ils m'ont accordées et les documents qu'ils m'ont délivrés.

Je voudrais aussi exprimer ma reconnaissance à Catherine, mes parents, Alex, Aldous, amis, camarades, collègues et Malik qui m'ont supporté, aidé et conseillé avec patience et gentillesse.

Ce travail a été soutenu financièrement et matériellement par le département de l'Agriculture du canton de Neuchâtel, la Basler Stiftung für biologische Forschung et l'Institut de Zoologie de l'Université de Neuchâtel. Je remercie vivement ces institutions.