



AVERTISSEMENT

Ce document est le fruit d'un long travail approuvé par le jury de soutenance et mis à disposition de l'ensemble de la communauté universitaire élargie.

Il est soumis à la propriété intellectuelle de l'auteur. Ceci implique une obligation de citation et de référencement lors de l'utilisation de ce document.

D'autre part, toute contrefaçon, plagiat, reproduction illicite encourt une poursuite pénale.

Contact : ddoc-theses-contact@univ-lorraine.fr

LIENS

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 122. 4

Code de la Propriété Intellectuelle. articles L 335.2- L 335.10

http://www.cfcopies.com/V2/leg/leg_droi.php

<http://www.culture.gouv.fr/culture/infos-pratiques/droits/protection.htm>

UNIVERSITE DE METZ
U.F.R. Sci.F.A.

C.R.E.U.M.
Laboratoire de Démécologie

THESE

Présentée à l'Université de Metz en vue de l'obtention du grade de:

DOCTEUR DE L'UNIVERSITE DE METZ

Mention: Sciences de la Vie

par

Anne FLESCHE

Titre

BIBLIOTHEQUE UNIVERSITAIRE - METZ	
N° inv.	19941625
Cote	S/M3 94/54
Loc	Magasin

BIOLOGIE DE LA PERCHE (*Perca fluviatilis*) DANS LE RESERVOIR DU MIRGENBACH (CATTENOM, MOSELLE)

Soutenue le 12 septembre 1994 devant la commission d'examen :

- Président :** Jean-Claude Pihan, Professeur, Université de Metz
- Directeur :** Jean-Claude Moreteau, Professeur, Université de Metz
- Rapporteurs :** Alain Belaud, Professeur, ENSA Toulouse
Daniel Gerdeaux, Directeur de Recherches, INRA, station
d'Hydrobiologie lacustre, Thonon-les-Bains
- Examineurs :** Gérard Masson, Maître de Conférences, Université de Metz
Bernard Descamps, CEA-IPSN, responsable de l'antenne du
Laboratoire de Radioécologie Continentale de Pierrelatte
Michel Khalanski, Ingénieur-Chercheur, EDF, Direction et
Recherches de Paris

**Pour Eric, Léna
mes parents, mes soeurs.**

AVANT-PROPOS

Je désire exprimer en tout premier lieu ma profonde gratitude à Monsieur C. CROCHARD, directeur de l'U.F.R. Sciences Fondamentales et Appliquées de l'Université de Metz, pour m'avoir fait connaître le Laboratoire d'Ecologie pendant mon premier cycle d'études, et à Monsieur M. NOURISSON, professeur émérite de l'Université de Metz, pour m'avoir accueillie au sein du Laboratoire d'Ecologie dont il était le directeur en 1987, en tant qu'étudiante de D.E.A.

Je tiens tout particulièrement à remercier vivement Monsieur J.C. MORETEAU, professeur de l'Université de Metz et directeur du Laboratoire de Démécologie, pour avoir dirigé mon travail depuis 1990. Son soutien et sa grande disponibilité m'ont permis de mener à bien ce travail. Ses conseils éclairés et son appui scientifique ont été une aide très précieuse.

Je désire exprimer ma profonde reconnaissance à Monsieur J.C. PIHAN, professeur de l'Université de Metz et directeur du Centre de Recherches Ecologiques de l'Université de Metz (CREUM), sans qui ce travail n'aurait pu voir le jour. Lorsqu'il dirigeait ma thèse, ses compétences et ses conseils m'ont permis d'initier au mieux les recherches et de résoudre les nombreux problèmes matériels et scientifiques que j'ai connus au début de mon doctorat. Il me fait un grand honneur d'être membre du jury.

J'adresse mes plus vifs remerciements à Monsieur G. MASSON, maître de conférences de l'Université de Metz, co-directeur de thèse, pour m'avoir apporté un soutien scientifique de premier ordre. Il a pu me consacrer un temps très important pour discuter, collaborer sur le terrain et au sein du laboratoire et me permettre ainsi de réaliser ce travail. Je le remercie également pour son amitié, sa très grande disponibilité et sa gentillesse de tous les instants.

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à Monsieur A. BELAUD, professeur à l'ENSA de Toulouse, qui m'a apporté de précieux conseils et suggestions dans la première lecture du manuscrit. Il me fait l'honneur de juger mon travail et d'en être rapporteur. Le soutien, la gentillesse et l'intérêt qu'il a manifestés à mon égard, m'ont été très agréables.

Monsieur D. GERDEAUX, directeur de recherches à l'INRA de Thonon-les-Bains, me fait le grand honneur de juger mon travail et d'en être rapporteur. Qu'il trouve ici le témoignage de ma respectueuse gratitude.

Je remercie tout particulièrement Monsieur B. DESCAMPS, responsable de l'antenne du Laboratoire de Radioécologie Continentale de Pierrelatte, pour m'avoir grandement conseillée scientifiquement. Outre ses marques de sympathie et d'amitié, son regard critique pendant la rédaction de mon travail m'a été très bénéfique. Sa présence dans le jury témoigne de l'intérêt qu'il porte à mes recherches.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent à Monsieur M. KHALANSKI, ingénieur-chercheur senior à EDF Paris, qui a bien voulu accepter de participer à mon jury de thèse.

Une reconnaissance toute particulière va à Monsieur J.L. JAMET, maître de conférences de l'Université de Toulon, pour ses encouragements et l'intérêt qu'il a porté à mon travail. A maintes reprises, ses suggestions et ses propositions m'ont été très utiles.

J'adresse également ma gratitude à Monsieur P. USSEGLIO-POLATERA, maître de conférences de l'Université de Metz, pour ses conseils scientifiques.

Je ne peux manquer de remercier très vivement mes ami(e)s et collègues, N. DUBOST, S. THOMAS, R. MARZOU, R. VLAVONOU et J.N. BEISEL, doctorants au sein du Laboratoire de Démoécologie, qui m'ont sans cesse encouragée. Ils m'ont apporté leur précieux concours sur le terrain et au laboratoire.

Ma reconnaissance va aussi tout particulièrement à M. OLLIVIER, documentaliste au CREUM, pour son aide monumentale dans la recherche bibliographique.

Je tiens également à remercier très vivement P. WAGNER, technicien au CREUM, et J.F. POINSAINT, adjoint technique au CREUM, pour leur importante contribution dans les campagnes de pêche.

Mes remerciements les plus sincères s'adressent également au Conseil Supérieur de la Pêche de Metz, et en particulier à Monsieur P. MAIRE et son équipe, pour m'avoir aidée activement lors des pêches électriques.

Je ne saurais oublier la collaboration de M. RIBETTE, du Conservatoire des Sites Lorrains, pour l'iconographie, ni les contributions des techniciens du CREUM : celle de M.N. BEAUVAIS dans le domaine de l'histologie, et celle de P. ROUSSELLE dans le domaine de la physico-chimie. Je remercie tous les permanents du CREUM qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier chaleureusement tous mes amis étudiants du CREUM pour leurs aides diverses et leur marques de soutien : C. FAVREL, N. GRASMÜCK, B. CLAVERI, F. HAYER, J. MERSCH.

Je remercie enfin tous les membres de ma famille et mes amis proches qui ont contribué à leur manière à la réalisation de ce travail.

Ce travail a pu être mené grâce au financement d'EDF-Centre de Production Nucléaire de Cattenom. Je remercie tout particulièrement Messieurs MARION, MANGIN, GAGNARD, TOURNEAU et COSTELLA du Service Protection du site Environnement, ainsi que Monsieur CARASCO du service Exploitation.

SOMMAIRE

Introduction générale	p.	1
I. Synthèse bibliographique	p.	4
1. Taxonomie	p.	5
1.1. Systématique	p.	5
1.2. Noms communs et vernaculaires de <i>Perca fluviatilis</i>	p.	5
1.3. Ordre des Perciformes	p.	8
1.4. Sous-Ordre des Percoidés	p.	9
1.5. Famille des Percidés	p.	9
1.5.1. Polémique sur les deux espèces de <i>Perca</i>	p.	9
1.5.2. Zoogéographie	p.	10
2. Morphologie et anatomie	p.	11
2.1. Morphologie	p.	11
2.1.1. Origine des écailles	p.	13
2.1.2. Forme de l'écaille	p.	13
2.2. Anatomie	p.	14
3. Reproduction	p.	14
3.1. Dimorphisme sexuel	p.	15
3.2. Maturité sexuelle et fécondité	p.	15
3.3. Période de fraie et ponte	p.	16
3.4. Stade alevin	p.	17
3.5. Coût énergétique	p.	18
4. Régime alimentaire	p.	18
5. Croissance	p.	20
5.1. Généralités	p.	20
5.2. Problème du nanisme	p.	22
6. Synthèse sur les impacts liés à l'échauffement de l'eau	p.	23

7. Intérêt économique et aquaculture	p.	26
II. Présentation du site d'étude	p.	27
1. Géographie	p.	28
2. Géologie	p.	29
3. Géomorphologie	p.	29
4. Climatologie	p.	29
5. Activité humaine	p.	29
6. Peuplement végétal entourant la retenue	p.	30
7. Peuplement ornithologique	p.	31
8. Site	p.	31
9. Création d'une réserve d'eau	p.	32
III. Matériel et méthodes	p.	36
1. Caractéristiques physiques et chimiques	p.	37
1.1. Mise en place des stations	p.	37
1.2. Caractères physiques et chimiques mesurés	p.	37
2. Récolte et exploitation des données piscicoles	p.	40
2.1. Echantillonnage	p.	40
2.1.1. Choix des stations	p.	40
2.1.2. Choix des engins de capture	p.	42
*Engins passifs	p.	42
-Pièges	p.	42
-Filets	p.	42
.traditionnels	p.	42
.verticaux	p.	42
*Engins actifs	p.	45
-Pêche électrique	p.	45
-Pêche à la ligne	p.	45
2.2. Méthode d'étude de la sélectivité des filets maillants	p.	45
2.2.1. Calcul de la sélectivité	p.	45
2.2.2. Structure des populations disponibles par classes de taille	p.	46

2.3. Méthode d'étude de l'abondance totale, des variations d'abondance et de la structure du peuplement	p.	47
2.3.1. Méthode de capture-recapture	p.	47
2.3.2. Indices de variation d'abondance	p.	47
2.3.3. Analyse multivariée	p.	48
2.4. Acquisition des données	p.	49
2.4.1. Sur le site	p.	49
2.4.2. Au laboratoire	p.	49
3. Méthode d'analyse démographique	p.	50
3.1. Age et croissance	p.	50
3.1.1. Estimation de l'âge	p.	50
*Rappel des principales techniques utilisées pour la perche	p.	50
*Principe de la lecture de l'écaille et de l'opercule	p.	50
-Scalimétrie	p.	50
-Operculométrie	p.	51
*Préparation et observation des pièces osseuses	p.	52
-Ecailles	p.	52
-Opercules	p.	52
*Période d'apparition de l'anneau d'arrêt de croissance	p.	52
*Rétro-calcul	p.	53
3.1.2. Modèles de croissance	p.	53
*Principe	p.	53
*Croissance linéaire	p.	53
-Relation taille-poids	p.	54
-Facteur de condition K	p.	54
*Croissance pondérale	p.	55
3.2. Reproduction	p.	55
3.2.1. Rapport gonado-somatique (RGS) et rapport hépato-somatique (RHS)	p.	55
3.2.2. Apparences externes des gonades lors de la maturation	p.	56
3.2.3. Gamétogenèse; étude histologique	p.	56
*Ovogenèse	p.	56
*Spermatogenèse	p.	57
3.2.4. Méthodologie	p.	57
*Stades de développement	p.	57
*Examen microscopique: histologie	p.	58
3.2.5. Période et zone de frai	p.	58
3.2.6. Taille et âge de première maturité	p.	58
3.2.7. Fécondité	p.	58
*Technique de comptage	p.	58
*Expression des résultats	p.	59
3.2.8. Taux de masculinité	p.	59

3.3. Régime alimentaire	p.	59
3.3.1. Etude du contenu stomacal	p.	59
3.3.2. Expression des résultats	p.	60
* Rythmes d'activité alimentaire	p.	60
- Indice de vacuité (IV%)	p.	60
- Coefficient de réplétion (CR%)	p.	60
* Identification des proies	p.	60
* Indices numériques	p.	60
- Indice de Fréquence (F%)	p.	60
- Contribution numérique (N%)	p.	60
- Analyse multivariée	p.	60
IV. Résultats	p.	61
1. Physico-chimie	p.	62
1.1. Evolution des 4 caractères physico-chimiques fondamentaux	p.	62
1.2. Minéralisation, état trophique	p.	65
2. Peuplement piscicole	p.	68
2.1. Composition	p.	68
2.2. Evolution interannuelle des captures	p.	69
2.3. Evolution spatiale: analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM)	p.	71
3. Perche: Composition des captures et répartition	p.	75
3.1. Structure de la population: distribution statistique des longueurs	p.	76
3.1.1. Engin Actif: la pêche à la ligne	p.	76
3.1.2. Engins passifs: filets maillants traditionnels et verticaux	p.	76
* Les filets maillants traditionnels	p.	76
* Les filets maillants verticaux	p.	79
3.1.3. Comparaison des distributions de longueur entre deux engins de capture	p.	84
3.2. Résultats de la sélectivité	p.	85
3.3. Evolution spatio-temporelle des captures	p.	91
3.3.1. Evolution temporelle des perches capturées aux filets maillants	p.	91
* Les filets maillants traditionnels	p.	91
* Les filets maillants verticaux	p.	91
3.3.2. Evolution spatiale des perches	p.	92
* Analyse des CPUE et de la répartition verticale	p.	92
* Analyse factorielle des correspondances simples	p.	93
3.4. Commentaire	p.	98

4. Relation taille-poids; âge et croissance	p. 101
4.1. Relation taille-poids	p. 101
4.2. Age	p. 106
4.2.1. Formation des anneaux d'arrêt de croissance	p. 106
4.2.2. Croissance linéaire rétrocalculée; courbes de croissance théorique linéaire et pondérale d'après le modèle de Von Bertalanffy	p. 107
5. Reproduction	p. 118
5.1. Acquisition de la maturité	p. 118
5.1.1. Evolution de la maturité au cours du développement	p. 118
5.1.2. Distribution des effectifs suivant les stades matures et immatures	p. 118
5.2. Cycle sexuel	p. 118
5.2.1. Rapport gonado-somatique moyen	p. 118
5.2.2. Evolution saisonnière du rapport gonado-somatique	p. 122
5.2.3. Morphologie externe des gonades	p. 122
5.2.4. Etude histologique	p. 127
*les femelles	p. 127
*les mâles	p. 127
5.2.5. Correspondances entre échelle macroscopique et stades histologiques dans notre étude	p. 128
5.3. Période et lieux de reproduction	p. 128
5.4. Indices pondéraux; aspects énergétiques	p. 130
5.4.1. Coefficient de condition	p. 130
5.4.2. Rapport hépato-somatique moyen; graisses	p. 130
5.5. Démographie	p. 134
5.5.1. Evolution du taux de masculinité	p. 134
*Evolution saisonnière	p. 134
*Evolution en fonction de l'âge	p. 134
5.5.2. Fécondité	p. 135
6. Régime alimentaire	p. 136
6.1. Echantillonnage	p. 136
6.2. Indice de vacuité	p. 136
6.3. Spectre alimentaire	p. 137
6.4. Alimentation en fonction de la taille	p. 142
6.5. Regroupement par classes de taille, par sexe, par saison et par taxon	
6.6. Indice de fréquence	p. 146

6.7. Coefficient de réplétion	p. 152
6.8. Parasitisme	p. 154
V. Discussion générale et conclusion	p. 155
Planches photographiques	p. 167
Planche A	p. 168
Planche B	p. 170
Planche C	p. 173
Planche D	p. 176
Références bibliographiques	p. 178
Annexes	p. 198
Annexe 1	p. 199
Annexe 2	p. 200
Annexe 3	p. 221
Annexe 4	p. 223
Annexe 5	p. 225
Annexe 6	p. 227
Annexe 7	p. 229
Annexe 8	p. 231
Annexe 9	p. 237
Résumé anglais	p. 241
Résumé français	Couverture verso

Introduction générale

Les premières observations ichtyologiques sur le réservoir du Mirgenbach, lac artificiel implanté sur le site électronucléaire de Cattenom (Moselle), ont débuté en 1987. Ces études ont montré que le peuplement pionnier de poissons était dominé par un Perciforme, la perche (*Perca fluviatilis* L.) (Flesch, 1987; Université de Metz. Laboratoire d'Ecologie, 1987). Cette espèce autochtone est l'un des derniers maillons de la chaîne alimentaire des cours d'eau mosellans, qui semble avoir trouvé là un biotope particulièrement adapté à ses besoins.

La production européenne de cette espèce est presque exclusivement halieutique (pêche professionnelle et pêche plaisancière). De plus, la consommation locale ou l'exportation de la production sont très variables d'un pays à l'autre. En France, ce poisson colonise facilement les lacs et il est assez répandu dans certaines rivières. Il fait l'objet d'exploitation semi-intensive dans le lac Léman (Vivier, 1975; Lang & Lang, 1983). Actuellement le marché intérieur ou européen de la perche est très porteur et ce prédateur semble avoir un avenir intéressant dans notre région, la Lorraine, riche en plans d'eau à vocation piscicole (Masson *et al.*, 1991). Cet avenir prometteur concernerait la pêche sportive pour la consommation locale et les élevages semi-intensif et intensif.

Les limites de la production piscicole sont généralement liées à la température de l'eau généralement insuffisantes en Lorraine. Les eaux échauffées du réservoir du Mirgenbach offrent de ce fait un intérêt pour la production. Cependant les limites thermiques maximales ne doivent pas être dépassées et les phases hivernale et estivale, nécessaires à ce poisson, ne doivent pas être supprimées. La particularité de ce lac apporte donc un intérêt scientifique pour l'étude monospécifique de la perche : description de sa biologie, sa distribution et son adaptation ou non au sein de cet écosystème thermiquement décalé, récent et en évolution trophique inachevée.

L'importance de l'étude approfondie de l'espèce initialement dominante sur ce plan d'eau est double. D'une part, il s'agit de contribuer à la compréhension du fonctionnement écologique de la retenue; d'autre part, d'acquérir des données sur l'autoécologie de cette espèce afin d'apporter des informations utiles à l'expérimentateur à des fins d'élevage et à l'aménageur à des fins de production naturelle de ce carnassier recherché.

Ce travail a bénéficié d'un contexte favorable puisqu'il existe également une approche multidisciplinaire sur le réservoir du Mirgenbach prenant en compte la physico-chimie, la botanique et la zoologie (Université de Metz. Laboratoire d'Ecologie, 1986 à 1991; Marzou, 1989; Vein *et al.*, 1990; Université de Metz. CREUM, 1992 à 1993; Mathey, 1993; Mersch, 1993; Mersch *et al.*, 1993).

Cette recherche comporte plusieurs parties. Une synthèse bibliographique de l'espèce fait l'objet de la première partie. La seconde partie concerne les facteurs biotiques et abiotiques particuliers à la retenue du Mirgenbach. La troisième partie est consacrée à la méthodologie. Les résultats (4^{ème} partie) et les discussions (5^{ème} partie) sont relatifs à la biologie de ce carnassier d'eau douce.

La problématique est de savoir comment la perche a occupé et a exploité ce milieu échauffé. L'étude porte essentiellement sur l'analyse de l'occupation de l'espace (répartition spatio-temporelle) et sur les relations trophiques (place de la perche au sein de l'ichtyofaune; son régime alimentaire). Pour cela, nous nous sommes appuyés sur la mise en place d'un protocole d'échantillonnage adéquat (Flesch *et al.*, 1994; Flesch *et al.*, 1995) qui a permis de caractériser la population de perche (l'évolution de l'abondance et de la structure), sa croissance et sa reproduction. Cette étude pionnière devrait permettre ainsi de mieux connaître les ressources piscicoles du réservoir du Mirgenbach en vue d'une meilleure gestion halieutique à l'avenir et notamment d'une extension à l'étude limnologique en général.

Première partie

Synthèse Bibliographique

sur *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758

Cette synthèse porte successivement sur deux points : la biologie générale de *Perca fluviatilis* et les influences d'une élévation thermique de l'eau sur les poissons.

La perche (*Perca fluviatilis* L.), espèce carnassière d'eau douce typique des écosystèmes tempérés, a fait l'objet de multiples travaux de synthèse à l'étranger (Collette & Banarescu, 1977; Le Cren *et al.*, 1977; Thorpe, 1977a; Craig, 1987). En France, l'intérêt suscité pour cette espèce est plus marqué ces dernières années tant pour sa biologie, son écologie que pour son exploitation (Vivier, 1975; Hoestlandt, 1980; Gerdeaux & Champigneulle, 1983; Lang & Lang, 1983; Boujard, 1987; Chappaz *et al.*, 1989; Goubier, 1990; Jamet, 1991). Le tableau I présente les différents travaux (liste non exhaustive¹) effectués sur la perche *Perca fluviatilis*.

1. Taxonomie

1.1. Systématique

D'après Collette & Banarescu (1977), Craig (1987), la position systématique de l'espèce est la suivante²:

Super Ordre des Téléostéens
Ordre des Perciformes
Sous ordre des Percoidés
Famille des Percidés
Sous-Famille des Percinés
Tribu des Percini Bonaparte, 1831
Genre *Perca* Linnaeus, 1758
Espèce *Perca fluviatilis* L., 1758

Le genre *Perca* Linnaeus rassemble 3 espèces:

Perca fluviatilis Linnaeus, 1758
Perca flavescens Mitchill, 1814
Perca schrenki Kessler, 1874

1.2. Noms communs et vernaculaires de *Perca fluviatilis*

En France, cette espèce possède plusieurs dénominatifs: perche, perche commune, perche fluviatile, perche eurasienne, perche européenne. Dans certaines parties de la France, la perche a des noms régionaux comme perco, perca, percho dans le midi (Kiener, 1985) ou bien perchat, percig en Alsace.

Dans les pays étrangers, l'espèce est désignée comme suit:

Angleterre et USA: Perch, redfin perch
Russie: Okun

Italie: Pesce persico ou Persico
Hollande: Baars; Allemagne: Barsch

¹ Les auteurs cités dans le tableau et non repris dans ce document n'apparaissent pas en références bibliographiques.

² Phylum des Chordés, Sous-Phylum des Vertébrés, Super Classe des Gnathostomes, Classe des Osteichthyens, Sous-Classe des Actinoptérygiens.

Tableau I : Liste de travaux portant sur la perche

Auteurs	Lieu d'étude	Nature de l'étude	Stade de développement
Bakon et al (1977) Collette et al (1977) Shuter & Post (1990) Thorpe (1977) Weatherley (1963)		ZOOGEOGRAPHIE étude des confréries systématique et zoogéographie zoogéographie écologie et zoogéographie zoogéographie	
Chappaz et al (1989) Craig (1977) Goubier et al. (1983) Hokanson (1977) Holcik (1969) Jamet et al. (1990) Jamet (1991) Jamet & Desmolles (1994) Karas (1987) Kelso & Bagenal (1977) Leroy (1987) Mann (1978) Vivier (1975)	lac de Ste Croix (France) lac de Sao Miguel (Açores) réservoir Klicava lac de Monate (Italie du Nord) lac Aydat (France) lac Aydat (France) Suède Belgique rivière Stour lac Léman (France)	SYNTHESE biologie (reproduction, alimentation, croissance) biologie (reproduction, alimentation, croissance) biologie (reproduction, alimentation, croissance) exigences thermiques pour la biologie biologie (reproduction, alimentation, croissance) biologie (reproduction, alimentation, croissance) biologie (reproduction, alimentation, croissance) biologie (reproduction, condition, croissance) biologie (reproduction, alimentation, croissance) percédés dans les écosystèmes non perturbés biologie (reproduction, alimentation, croissance) biologie (reproduction, alimentation, croissance) biologie (reproduction, alimentation, croissance)	tous les stades tous les stades juvéniles et adultes tous les stades tous les stades adultes adultes tous les stades tous les stades tous les stades tous les stades
Bagenal (1970-1972) Boujard (1987) Degiorgi et al. (1994) Craig (1975) Gerdeaux & Champigneulle (1983) Jensen (1986-1990) Kipling & Le Cren (1984) Kubecka (1992) Lang & Lang (1983) Linlokken (1984) Van Densen (1987)	lac Windermere (Angleterre) étang de Bretagne (France) lacs français lac Léman (France) lac Windermere (Angleterre) réservoir Rimov (Tchékoslovaquie) lac Léman (France) lac Gjerstadvann (Norvège)	ENGINS DE CAPTURE UTILISES nasses nasses-pêche électrique bilan des engins de capture utilisés dont les filets verticaux nasses filets maillants filets maillants capture-recapture fykes nets pêches professionnelles filets maillants filets maillants	durant la reproduction
Böhling et al (1991) Boujard (1987) Chodorowski (1975) Craig (1974) Craig (1980 a) Gerdeaux & Champigneulle (1983) Hansson (1985) Hoestlandt (1979-1980) Hoestlandt & Rudelle (1979) Houthuijzen et al. (1993) Karas (1990) Koli et al (1985) Le Cren (1947) Le Cren (1958) Le Cren (1992) Le Cren et al (1977) Mills & Hurley (1990) Neuman (1976) Spanovskaya & Grygorash (1977) Treasurer (1988) Treasurer (1992) Wieser (1991)	mer Baltique étang de Bretagne (France) étang de Montech (France) Slapton Ley, Devon lac Windermere (Angleterre) lac Léman (France) archipel Baltique France station du Paraclat (France) lac Volkerak (HOLLANDE) Suède lac Twärmine (Finlande) lac Windermere (Angleterre) lac Windermere (Angleterre) lac Windermere (Angleterre) archipels Baltiques réservoirs moscovites (Russie)	CROISSANCE-AGE en relation avec la température population bimodale population bimodale et nanisme études des cohortes croissance-âge par operculométrie différences de croissance problème du nanisme examen des opercules croissance rapide exceptionnelle changement saisonnier dans la croissance différences dans classes d'âge; âge par scalimétrie et operculométrie détermination de l'âge par operculométrie croissance avec références de températures croissance des grands individus exceptionnels étude des différentes classes d'âge différence dans classes d'âge croissance avec références de températures développement larvaire croissance changement dans les poids et tailles après fixation au formol coût de la croissance	tous les stades tous les stades juvéniles et adultes juvéniles tous les stades tous les stades tous les stades tous les stades tous les stades tous les stades perche 0+ juvéniles

<p>Craig (1977 a) Gerdeaux & Champigneulle (1983) Jellyman (1976) Jones (1982) Kokurewicz (1969)</p> <p>Lang (1981 b) Le Cren (1951) Treasurer (1981) Treasurer (1983) Zeh et al (1989)</p>	<p>lac Windermere (Angleterre) lac Léman (France) lac Pounui (Nouvelle Zélande) lac Leven (Ecosse)</p> <p>lac Léman (France)</p> <p>lac Zürich (Suisse)</p>	<p>REPRODUCTION</p> <p>reproduction maturation hermaphrodisme ponte</p> <p>développement embryonnaire en relation avec la température étude des rubans d'oeufs variations gonadiques</p> <p>tous les aspects de la reproduction estimation de la production d'oeufs ponte et développement embryonnaire des oeufs</p>	<p>adultes tous les stades adultes matures</p> <p>tous les stades</p>
<p>Bergman (1991)</p> <p>Bergstrand (1988) Chodorowska & Chodorowski (1969) Chodorowska & Chodorowski (1975) Convey (1988) Craig (1978) Diehl (1992) Engelmayer (1992) Fedorova & Drozhzhina (1982) Guma'a (1978) Janet & Lair (1991) Klemetsen (1973) Mc Cormack (1970) Persson (1983 a) Spanovskaya & Grygorash (1977) Thorpe (1977)</p> <p>Treasurer (1990)</p>	<p>étang de Montech (France) étang de Montech (France)</p> <p>lac Windermere (Angleterre)</p> <p>lac Ladoga lac Windermere (Angleterre) lac Aydat (France)</p> <p>lac Windermere (Angleterre)</p> <p>réservoirs moscovites (Russie) lac Leven (Ecosse)</p>	<p>REGIME ALIMENTAIRE</p> <p>régime alimentaire en fonction de la productivité du milieu effet de l'eutrophisation besoins nutritifs des carnassiers substitution d'éléments de la diète compétition des perches régime alimentaire prédation type de proies rythme alimentaire régime et habitat alimentaires cycle alimentaire alimentation alimentation compétition intraspécifique alimentation ration alimentaire taux d'évacuation gastrique alimentation</p>	<p>alevins alevins</p> <p>tous les stades tous les stades juvéniles tous les stades juvéniles adultes tous les stades tous les stades tous les stades juvéniles adultes</p> <p>0+</p>
<p>Coles (1981) Craig (1977) Eriksson (1978) Koli et al (1985) Treasurer (1988) Wang & Eckmann (1994)</p>	<p>lac Llyn Tegid (Pays de Galles)</p> <p>Circle arctique lac Twärmine</p> <p>Lac constance</p>	<p>DISTRIBUTION DANS LE MILIEU</p> <p>distribution verticale changement saisonnier dans l'activité jour-nuit rythmes d'activité annuels, distribution verticale distribution des différents habitats en fonction de l'âge distribution distribution</p>	<p>larvaire adultes adultes tous les stades 0+ 0+</p>
<p>Cemy & Pivnicka (1973) Lang (1987) Treasurer (1989)</p>	<p>réservoir Klicava</p> <p>lacs (Ecosse)</p>	<p>MORTALITE</p> <p>mortalité de la ponte mortalité des perches estimée par l'abondance des oeufs mortalité</p>	<p>0+</p>
<p>Bergman (1991)</p> <p>Bergman (1990)</p> <p>Giles et al (1990)</p> <p>Mattila (1992) Neuman (1979)</p> <p>Persson (1983) Persson (1990)</p>	<p>8 lacs</p> <p>enclos (Suède)</p> <p>2 lacs</p> <p>baie baltique</p>	<p>INTER-RELATIONS</p> <p>abondance relative de la perche et de la grémille en fonction de la productivité du milieu effet de la densité du gardon sur l'alimentation de la perche régime alimentaire de la perche, de la tanche, de la brème commune et du gardon compétition avec la grémille activité de la perche et du gardon en fonction de la température compétition avec le gardon influence du gardon sur l'âge de maturité et la taille des gonades chez la perche</p>	<p>tous les stades</p> <p>tous les stades</p>
<p>Fumass (1979) Goubier (1990) Guma'a (1978)</p> <p>Klinkhardt (1990) Parent et al (1976)</p> <p>Persson (1979)</p>	<p>laboratoire</p> <p>laboratoire</p> <p>laboratoire laboratoire</p> <p>laboratoire</p>	<p>EXPERIMENTATIONS EN LABORATOIRE</p> <p>alimentation, sélection des proies synthèse sur la reproduction et l'élevage larvaire effet de la température sur le développement et la mortalité des oeufs étude du caryotype effet du réchauffement sur les paramètres physiologiques effet de la température sur le taux d'évacuation gastrique</p>	<p>larvaire</p>

POLLUTIONS: REJETS INDUSTRIELS, METAUX LOURDS, ACIDIFICATION		
Böhling et al (1991)	mer Baltique	effet de l'acidification, de la pollution d'usine ou thermique sur le recrutement
Collvin (1985)		effet du cuivre sur le taux de croissance
Hakanson (1992)	lacs (Suède)	Caesium dans les poissons après Tchernobyl
Hesthagen et al (1992)	lacs acidifiés (Norvège)	abondance et structure de la population
Hogstrand & Haux (1989)		quantification de la Méthallothionein, relation entre Méthallothionein, Cuivre et Zinc
Jackson (1991)	lac du nord de Manitoba (Canada)	contrôle de l'accumulation du mercure
Karas et al (1991)	côte suédoise	effets d'une zone d'effluents d'usine de pâte blanche sur la dynamique d'une population
Linlokken (1988)	lacs acidifiés (Norvège)	structure de la population, croissance, fécondité
Raitaniemi et al (1988)	lacs acidifiés (Finlande)	croissance en fonction du pH et de l'aluminium
Rask (1989)	lacs acidifiés (Finlande)	relation entre caractéristiques des populations et l'acidification
Rask et al (1990)	lacs acidifiés (Finlande)	période de frai
Sandström & Theresson (1988)	effluent baltique	taux de mortalité
Vuorinen et al (1992)	lacs acidifiés	croissance, chimie du sang
PARASITOLOGIE		
Faulkner et al (1989)		métacercarie de <i>Cotylurus variegatus</i>
Höglund & Thulin (1990)	effluent chaud d'une centrale nucléaire	métacercarie de <i>Diplostomum baeri</i> et de <i>D. spathaceum</i>
Höglund & Thulin (1992)	mer Baltique	identification de <i>Diplostomum</i> sp. dans la rétine
Langdon (1987)	Australie	<i>Triangula percae</i> sp., myxospore
Langdon (1989)	Australie	irridovirus
Pickering & Willoughby (1977)	lac Windermere (Angleterre)	lésions épidermiques et infection fongique

1.3. Ordre des Perciformes

Cet ordre est le plus grand groupe des Vertébrés; il comprend des poissons de taille et de forme variables mais avec des caractéristiques communes (Craig, 1987). Le corps des Perciformes est comprimé latéralement et le plus souvent les écailles sont de type cténoïde (présence de *ctenii*) rendant leur derme rugueux. Ces spinules s'observent sur le bord postérieur de l'écaille ou peuvent recouvrir tout le champ postérieur (Baglinière & Le Louarn, 1987). Ces écailles se retrouvent aussi chez les Mugiliformes (comme le mulot par exemple). D'autres écailles, de type cycloïde, sont présentes chez certaines espèces. Ces deux types de structure sont des variantes de l'écaille élasmoïde dont l'origine est exclusivement dermique (Grassé & Devillers, 1965). D'après certains auteurs comme Meunier (1983), la division de l'écaille élasmoïde en écaille cténoïde et cycloïde, basée seulement sur la présence ou non de *ctenii* est insuffisante pour une classification typologique des écailles chez les Téléostéens.

Les Perciformes sont physoclistes³ (≠ physostome), ce qui peut être considéré comme un facteur d'évolution. Cet ordre est caractérisé aussi par plusieurs traits de sa structure crânienne (maxillaire exclu du bord buccal, ni orbitosphénoïde, ni supramaxillaire), par ses os pelviens attachés au cleithra et par ses nageoires épineuses.

³ (Physo = vessie en grec). Il y a indépendance entre la vessie natale et l'intestin.

Ces poissons portent deux nageoires dorsales, la première faite d'épines et la deuxième de rayons mous. Il n'existe pas de nageoire adipeuse comme chez le saumon. Les Perciformes ont un crâne bien allongé; la mâchoire supérieure est bordée par le prémaxillaire et les deux mâchoires ont des dents bien développées. Enfin, les poissons de cet ordre ont 24 vertèbres ou plus (Craig, 1987).

1.4. Sous-Ordre des Percoidés

Il s'agit du plus large sous-ordre des perciformes avec 73 familles. Environ 930 espèces vivent en eaux froides et tempérées, représentées essentiellement par 4 familles: les Cichlidés, les Percidés, les Centropomidés et les Percichthyidés.

1.5. Famille des Percidés

Cette famille est confinée dans les eaux froides, dans les régions tempérées et subarctiques de l'Amérique du Nord et de L'Eurasie (Nelson, 1984 *in* Craig, 1987). D'après les relations phylogéniques (Collette & Banarescu, 1977), les Percini et les Etheostomatini sont groupés dans la sous-famille des Percinés. Les Percinés ont l'os interhaemal antérieur plus grand que les Luciopercinae. La ligne latérale peut s'étendre jusqu'à la nageoire caudale et les épines anales sont bien développées.

1.5.1. Polémique sur les espèces *Perca fluviatilis* et *Perca flavescens*

Beaucoup d'auteurs se sont intéressés à ces 2 espèces quant à leur distribution géographique, leur anatomie et leur biologie, tant ces deux espèces se ressemblent (Collette, 1963; Weatherley, 1963; Balon *et al.*, 1977; Collette & Banarescu, 1977; Kelso & Bagenal, 1977; Thorpe, 1977a; Hoestlandt, 1980; Shuter & Post, 1990). Svetovidov & Dorofeeva (1963) considéraient que ces deux espèces étaient conspécifiques, traitant *Perca flavescens* comme une sous-espèce de *Perca fluviatilis*. Ce statut taxonomique fut accepté par beaucoup d'auteurs d'Amérique du Nord (Heidinger & Kayes, 1986) mais non par les autres. En dépit de leur isolement géographique expliqué ultérieurement, Thorpe (1977a) conclut qu'il n'y avait pas de raison biologique de maintenir *Perca fluviatilis* et *Perca flavescens* comme espèces différentes. Elles se ressemblent du point de vue de leur biologie avec l'existence d'un cannibalisme et présentent un comportement similaire face à la température de l'eau. Or, Collette & Banarescu (1977) s'intéressèrent à un détail anatomique entre ces deux espèces du genre *Perca*, permettant d'établir une différence suffisante pour maintenir leur rang taxonomique d'espèces distinctes. En effet, l'espèce *P. flavescens* se distingue de *P. fluviatilis* et *P. schrenki* par la position plus arrière de l'os prédorsal.

Cet os se situe entre la deuxième et la troisième épine neurale pour *P. flavescens* alors que pour *P. fluviatilis* et *P. schrenki*, il se trouve entre la première et la deuxième épine neurale (fig.1). L'arrangement de cet os prédorsal ne peut faire la différence entre ces deux dernières espèces. La perche de Moselle et du réservoir du Mirgenbach est la perche commune *Perca fluviatilis*.

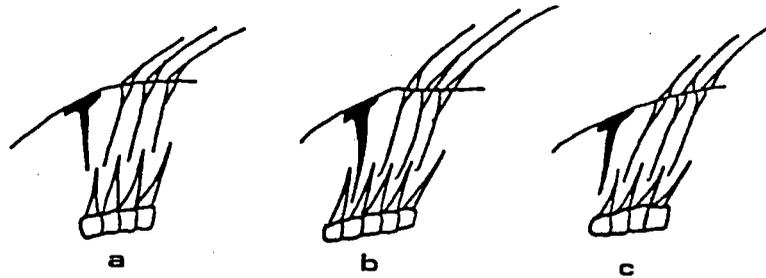


Figure 1: Situation de l'os prédorsal pour les 3 espèces du genre *Perca*. a) *Perca fluviatilis* L., b) *Perca flavescens* M., c) *Perca schrenki* K. (d'après Collette & Banarescu, 1977).

1.5.2. Zoogéographie (voir fig.2, carte d'après Thorpe, 1977a)

La perche vivait, dès le milieu de l'ère tertiaire, en Russie (au Kazakhstan dans l'Ouest sibérien). Elle se serait ensuite dispersée à partir de ce centre et, dès la fin du tertiaire, la perche apparaît dans le Nord de notre pays (Hoestlandt, 1980). Elle s'est répandue dans toute l'Europe et l'Asie du Nord, d'où son nom de perche eurasiennne. Son extension est limitée vers le Nord par les montagnes d'Ecosse et de Norvège. L'avancée vers le Sud en Espagne est stoppée par les Pyrénées. La France est à peu près la limite Sud-Ouest de son expansion. Néanmoins, la perche se retrouve en Italie du Nord (Jamet *et al.*, 1990); il s'agirait d'une introduction de l'espèce (Weatherley, 1963). L'espèce a été introduite dans l'hémisphère sud: Afrique du Sud, Australie, Tasmanie et Nouvelle-Zélande.

La répartition de la perchaude⁴ ou perche américaine, *Perca flavescens*, se limite à une partie de l'Amérique du Nord. D'après Hoestlandt (1980), il s'agit peut-être, à l'origine, de la perche eurasiennne qui serait passée par le Nord:

- soit en franchissant le détroit de Béring au tertiaire, lorsqu'il existait un pont terrestre avec des cours d'eau;
- soit en franchissant les eaux faiblement saumâtres à l'entour du Groënland au quaternaire, en fin de période glaciaire, lors du dégel des glaciers.

L'espèce *Perca schrenki* est confinée dans l'Est du Kazakhstan (URSS).

D'après Thorpe (1977a), la distribution des deux perches (*Perca fluviatilis* et *flavescens*) reflète leurs tolérances physiologiques envers la température, un des facteurs

⁴ En anglais: Yellow perch

abiotiques les plus importants influençant leur croissance (Le Cren, 1958; Coble, 1966; Hokanson, 1977), la salinité et la concentration en oxygène dissous. Ces deux espèces ne peuvent survivre pendant plus de quelques heures à une température de l'eau de 31 °C; or, la limite de la latitude la plus basse de la distribution connue de la perche en Italie, en Australie et aux USA correspond exactement à l'isotherme d'été de 31 °C. D'après Craig (1987), l'optimum physiologique de *Perca fluviatilis* se situe à 25,4 °C et la température critique maximale est de 35,5 à 35,9 °C. Ceci est un élément important dans la problématique de ce travail puisque l'optimum physiologique est atteint en 1991 dans le réservoir du Mirgenbach avec la mise en marche successive des 4 tranches nucléaires de la centrale de Cattenom (annexe 1); par contre la température critique maximale n'est jamais atteinte. La perche pourrait, adulte, supporter quelques temps des eaux dont la salinité serait de 10 ‰ et la limite de concentration en oxygène dissous pour sa survie serait de 1,1 à 1,3 ppm à 16 °C. Enfin la perche peut tolérer des pH acides (4,7-4,8) (Rask & Raitaniemi, 1988; Linlokken *et al.*, 1991).

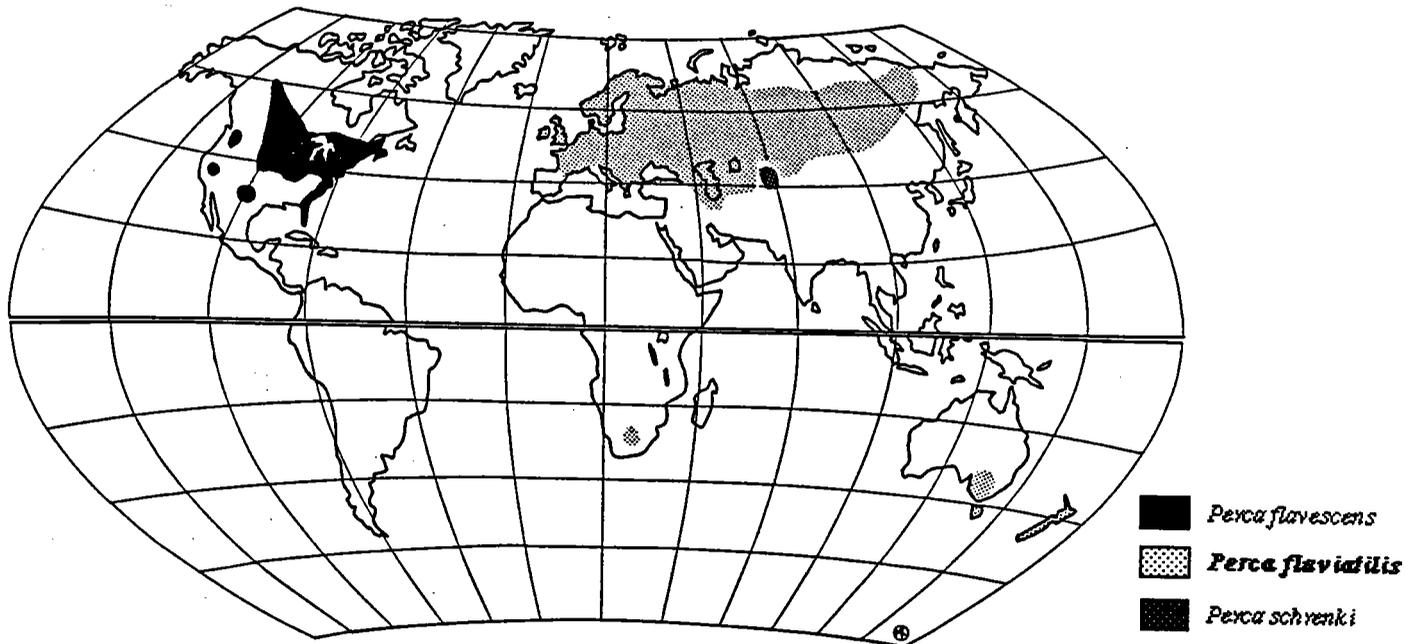


Figure 2: Répartition géographique des 3 espèces *Perca*. (d'après Thorpe, 1977a).

2. Morphologie et anatomie de *Perca fluviatilis*

2.1. Morphologie (fig.3)

Perca fluviatilis présente une certaine variabilité quant à la couleur de son derme dépendant de son habitat; elle a tendance à se foncer quand la pénétration de la lumière est bonne dans le milieu où elle vit (Craig, 1987).

Parfois sa couleur jaunâtre est attribuée à son alimentation riche en caroténoïdes contenus dans les Crustacés et également à la présence de chromatophores⁵ au niveau du derme.

P. fluviatilis a le corps élevé dans sa partie antérieure avec une nuque épaisse. La surface dorsale de l'animal a des reflets vert foncé et cette couleur s'étend sur les côtés. La surface ventrale est grise. D'après Holcik & Mihalik (1970) et Collette *et al.* (1977), la perche changerait de couleur au moment de la période de reproduction. Les flancs de l'individu sont recouverts de 5 à 6 bandes verticales noires. La première épine de la nageoire dorsale (responsable de bien des piqûres) est noire ainsi que la membrane reliant la 1^{ère} à la 2^{ème} et la 4^{ème} à la 5^{ème} épine. Les nageoires pelviennes, caudales et anales sont rouges; les autres sont argentées. Enfin, la couleur des yeux est généralement jaunâtre.

Comme pour tous les Téléostéens, la peau de *P. fluviatilis* est constituée d'un épiderme fin et d'un derme épais. Les Percidés ne produisent pas beaucoup de mucus, ce qui rend le toucher très rugueux par la présence des *ctenii*. D'après Craig (1987), cette espèce compte 56 à 57 écailles le long de la ligne latérale.

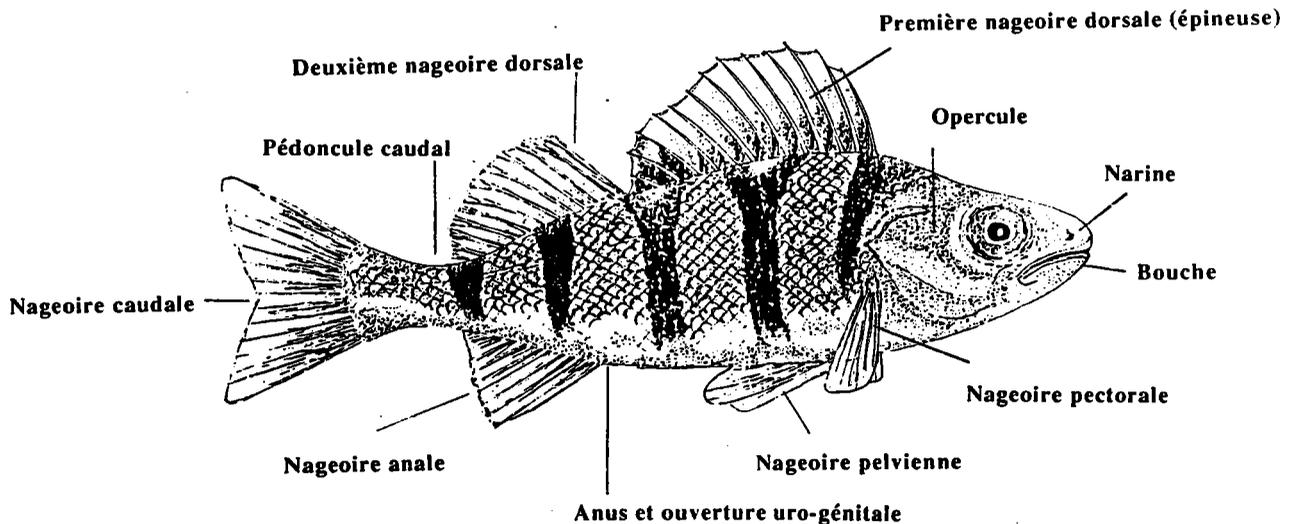


Figure 3: Morphologie de la perche *Perca fluviatilis*.

⁵ Le derme des poissons contient des nerfs, des vaisseaux sanguins, des écailles et des chromatophores. Ces derniers sont des cellules qui contiennent des pigments rouge orangé (caroténoïdes ou flavines) ou noirs (mélánines).

2.1.1. Origine des écailles

Les premières zones d'apparition des écailles (squamation) chez les poissons ne sont pas encore bien connues et font l'objet parfois de controverses. D'après Segerstrale (1933) *in* Thorpe (1977a), les écailles de *Perca fluviatilis* apparaîtraient lorsque l'animal mesure 2 à 2,5 cm ou 3 à 4 cm pour Chevey (1925) au niveau de la première moitié supérieure du corps et sur la queue. Les auteurs s'accordent à reconnaître que les premières écailles n'apparaissent pas en même temps. Leur mise en place obéit à deux modes: soit à partir de la ligne latérale dans la région postérieure du corps, à proximité du pédoncule caudal, soit à partir de la région antérieure (Sire, 1981; Sire & Arnulf, 1990). Les écailles cténoïdes proviennent des ostéoblastes et des fibroblastes des papilles dermiques. Les écailles ont deux couches, une hyalodentine (osseuse) et une fibreuse. Seule la couche osseuse croît en formant des *circuli*; des marques hivernales d'arrêts de croissance se forment, appelés *annuli* et parfois de faux arrêts de croissance se produisent, appelés *checks rings* par les anglo-saxons; ces termes seront repris ultérieurement.

2.1.2. Forme de l'écaille (fig. 4)

L'écaille de perche est étirée dans le sens antéro-postérieur. Cinq sillons, parfois six, séparent les lobes découpés du champ antérieur. Les champs latéraux sont arrondis, rétrécis à la partie postérieure. Le nombre de *circuli* est le même dans les champs latéraux et antérieur.

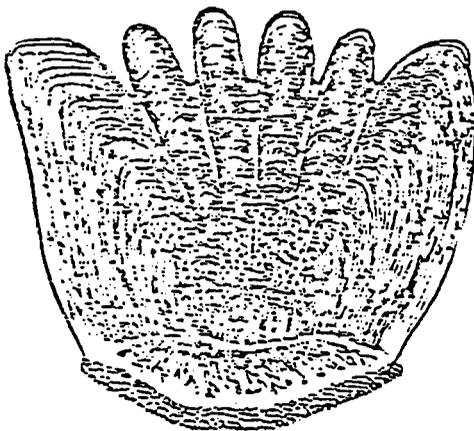


Figure 4: Forme de l'écaille de *P. fluviatilis*.

2.2. Anatomie (d'après Craig, 1987) (planche A)

Le squelette de *Perca* est compact. La série d'opercules comprend le pré-opercule, l'opercule, le subopercule et l'interopercule. L'opercule est une pièce osseuse plate, triangulaire, utilisée pour identifier l'âge. Sa partie dorsale possède une forte épine sur un des bords externes. Le reste de la bordure est généralement lisse. Cependant, comme l'indique Szczyglinska (1983), il peut exister aussi des petites dents additionnelles sur le bord de l'écaille caractéristiques des perches de rivière.

La musculature de la tête et du corps comprend 4 types de fibres: 2 rouges et 2 blanches. Les branchies sont attachées aux 4 arcs branchiaux et sont recouvertes latéralement par le champ operculaire.

La cavité péritonéale englobe essentiellement l'estomac, l'intestin, le foie, les reins, les gonades et la vessie natatoire. La cavité péricardiale contient le coeur composé de 4 parties: le sinus veineux, l'atrium, le ventricule et le bulbe antérieur.

La partie digestive est composée d'un oesophage court reliant le pharynx à l'estomac. La première partie de l'intestin a une forme en S alors que la seconde est droite jusqu'à l'anus. Ensuite nous trouvons 3 *caeca* pyloriques. La vésicule biliaire est dans la région dorsale antérieure de l'intestin. La rate est positionnée postérieurement à la surface dorsale de l'estomac et enfin le pancréas est localisé au niveau du côté ventral de la partie antérieure de l'intestin.

La vessie natatoire, organe hydrostatique, est dans la partie dorsale de la cavité péritonéale le long des 2 reins. Chez les perches femelles, la vessie urinaire se confond avec l'oviducte pour former un sinus urogénital. Les mâles ont une paire de testicules (reliés par un septum) localisés dans la partie moyenne de la cavité péritonéale entre l'intestin et la vessie natatoire.

Chez la femelle, il existe 2 ovaires, mais pendant le développement ceux-ci fusionnent donnant un ovaire simple. Celui-ci se situe dans la partie moyenne de la cavité péritonéale. Il peut exister des cas d'hermaphrodisme chez cette espèce (Chevey, 1922; Jellyman, 1976). Contrairement aux femelles normales qui ont un ovaire médian, l'ovaire des hermaphrodites bifurque, avec un limbe descendant sur le côté droit. La partie terminale de ce limbe comprend une portion indifférenciée, réunissant le testicule et l'ovaire. Nous n'avons pas observé de cas d'hermaphrodisme au cours de notre étude.

3. Reproduction

Sous nos latitudes, les phénomènes de reproduction revêtent généralement une activité saisonnière et le cycle reproducteur correspond à une adaptation aux variations du biotope. Gillet (1985) considère différents aspects:

- la date de ponte,
- les régimes thermiques et la gamme des degrés-jours permettant le déclenchement de la ponte, le bon déroulement du développement embryonnaire,
- le support de ponte et sa profondeur.

Le cycle reproducteur peut être divisé en 2 phases principales (Billard & Breton, 1981; Craig, 1987):

- la gamétogenèse dont la finalité est la formation des ovules et des spermatozoïdes. La durée de cette étape est fonction de l'espèce et des températures. Les perches ont leur ovogenèse et leur spermatogenèse durant l'été et l'automne (sous photopériode et température décroissantes). Le cycle de maturation des gamétocytes est annuel et exige une période de froid hivernal.
- la période de fraie⁶ comprend la maturation des gamètes, puis la spermiation et l'ovulation. Vient ensuite la fécondation.

3.1. Dimorphisme sexuel

Différencier les sexes par les apparences externes n'est pas aisé chez la perche. Il n'existe pas de dimorphisme sexuel chez cette espèce (Craig, 1987). Cependant d'après certains auteurs comme Collette & Banarescu (1977), les mâles seraient plus brillants que les femelles au moment de la fraie. Jamet (1991) a observé durant la fraie de la perche dans le lac d'Aydat (France) la présence de tubercules nuptiaux de coloration bleu-violet sur certaines parties du corps, en particulier sur la tête. Ces signes n'ont pas été observés dans cette étude. Cependant, durant la fraie, l'observation de la forme du ventre, confortée par les dissections, permet d'identifier le sexe de certains individus. Les poissons au ventre bombé sont généralement des femelles matures tandis que les femelles immatures et les mâles présentent un ventre plat. Juste avant la ponte, la reconnaissance du sexe des individus peut se faire par simple pression abdominale: il y a un écoulement pour le mâle et des ovules orangés sortent de l'orifice uro-génital pour la femelle mure.

3.2. Maturité sexuelle et fécondité

La maturité sexuelle des mâles est plus précoce que celle des femelles (Willemsen, 1977; Mann, 1978; Chappaz *et al.*, 1989; Goubier, 1990). Elle intervient entre la fin de la première année et l'âge de deux ans chez les mâles et entre 2 à 3 ans pour les femelles. Des exceptions peuvent exister comme par exemple le cas du lac de Monate en Italie où pour les deux sexes, la reproduction s'effectue à partir de 2 ans (Jamet *et al.*, 1990).

⁶ Nous trouvons régulièrement dans la littérature soit la fraie, soit le frai. Nous considérerons ici la fraie comme la période de ponte et le frai comme la ponte proprement dite.

L'âge de première maturité dépend du taux de croissance (plus la croissance est lente et plus la maturation est tardive (Craig, 1987)) lui-même fonction de la température et des ressources trophiques (Lang & Lang, 1983). Ce dernier point semble être primordial; en présence de compétition alimentaire interspécifique entre le gardon (*Rutilus rutilus* L.) et la perche, Persson (1990) a montré que l'augmentation de la densité du gardon se traduit par la diminution du pourcentage de mâles et femelles perches matures.

Les résultats concernant la fécondité relative (nombre d'ovules par kg de poisson) de la perche varient selon les auteurs et les lieux géographiques. Pour Goubier (1990), cette fécondité est de l'ordre de 130 à 140 000 ovules / kg pour une femelle d'une longueur inférieure à 16 cm; elle peut être de 170 000 ovules / kg pour une longueur supérieure. Au delà d'un certain seuil, cette fécondité diminue avec l'âge des femelles; par contre la taille des ovules augmenterait (Craig, 1974; Volodin, 1980). Dans le lac d'Aydat (superficie de 60 hectares) en France, la fécondité relative atteint 182 000 ovules / kg (Jamet, 1991); Thorpe (1977a) considère qu'une fécondité relative de 210000 est très forte pour l'espèce.

Enfin, nous pouvons ajouter, que pour le mâle, le sperme contient de 4 à 13.10^{10} spermatozoïdes / ml. A maturité, le rapport gonado-somatique individuel (RGS) est de 20 à 30% pour la femelle et de 8 à 15% pour le mâle (Heidinger & Kayes, 1986).

3.3. Période de fraie et ponte

P. fluviatilis se reproduit une fois par an, généralement en avril-mai en Lorraine. Les températures déclenchant la fraie varient de 5,6°C à 14 °C et la ponte commence en mars au sud de l'aire de répartition et fin juin au nord. Le seuil thermique nécessaire au déclenchement de la ponte diminue lorsque la latitude augmente. D'après Jones (1982), la date d'initiation du frai et la durée de la fraie varient non seulement en fonction de la température mais également en fonction de la photopériode.

En France, la perche se reproduit généralement à partir de 12 °C en mars-avril et cela peut s'étaler sur sept semaines (Hoestlandt, 1979); la ponte est donc printanière. Dans les lacs très froids et profonds (existence de thermocline), les perches se reproduisent plus tardivement. A Aydat, la ponte s'effectue au début du mois de mai à une température de l'eau de 8°C (Jamet, 1991; Jamet & Desmolles, 1994).

Dans les conditions naturelles, les perches pondent en général entre 3 et 4 m de profondeur. Celle-ci dépend des profondeurs disponibles dans le plan d'eau (Gillet, 1985). Dans les étangs peu profonds, les pontes se trouvent dans moins d'un mètre et jusqu'à 10 m dans les grands lacs. Les substrats choisis sont variables: cailloux, plantes aquatiques diverses, branchages, souches, etc... (Thorpe, 1974; Treasurer, 1980; Lang, 1981; Jones, 1982; Zeh *et al.*, 1989). D'après Treasurer (1980), le support de ponte, telle que la végétation, reste un paramètre physique important dans le frai des perches.

Les femelles préféreront pondre sur des substrats végétaux lorsqu'ils existent; en effet les rubans, accrochés sur le végétal, sont dans le courant d'eau et donc bien ventilés. La femelle choisit l'aire de ponte selon plusieurs critères (Zeh *et al.* 1989):

- éviter le rassemblement des rubans d'oeufs,
- la présence des mâles,
- les sites choisis offrent des conditions identiques pour le développement des oeufs.

La perche dépose ses oeufs en un seul ruban gélatineux et en une seule fois (de 2000 à 32 000 oeufs selon la taille de la femelle d'après Hoestlandt, 1980). Les oeufs sont reliés les uns aux autres par une gangue de mucus (forme de réseaux, de dentelle) qui a un rôle protecteur (contre les prédateurs et les intempéries) et le ruban a une longueur variant de 0,5 à 4,5 m suivant la taille de la femelle. D'après Lang (1981), les rubans inférieurs à 1 m sont attribués à des femelles de 2 ans; de 1,5 m à 2 m à des femelles de 3 ans et plus; de plus de 4 m à des femelles de 4 ans et plus. Les oeufs ont un diamètre variant de 2 à 3 mm.

Les oeufs enroulés autour des plantes ou déposés sont fécondés par un ou plusieurs mâles. Souvent les chaînes d'oeufs sont colorées par des algues; on peut y trouver également des hydres, des gammares ou des aselles fixés à la surface. Cela ne provoque aucun dommage. Dans le cas où il existe des oeufs fécondés morts, ceux-ci se reconnaissent par leur aspect opaque et laiteux.

La durée d'incubation varie en fonction de la température. Plus cette dernière est importante, plus l'incubation est réduite. D'après Guma'a (1978), les oeufs éclosent au bout de 3 semaines environ. La maturation des oeufs demande de 96 à 243 degrés-jours (Thorpe, 1977a).

3.4. Stade alevin

A l'éclosion, l'alevin de perche (fig. 5) a une taille variable, de 5 mm pour Chevey (1925), de 5,6 à 6,3 mm pour Hoestlandt (1980).

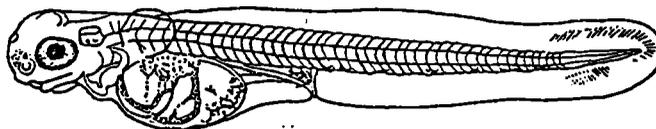


Figure 5: Schéma de l'alevin de *P. fluviatilis*. (d'après Balon, 1975).

Cette taille dépend des conditions du frai et de la taille de l'oeuf. La forme de l'alevin est élancée en raison de la faible quantité de vitellus non résorbé. La larve est transparente et la tête présente deux orbites oculaires noires. Des mélanophores largement étalés forment une tâche caractéristique dans la région anale.

A partir de 8-9 mm, la forme du corps devient vite celle d'un petit poisson sans vitellus et vers 12 mm, l'aspect larvaire a disparu. Entre 15 et 20 mm, les nageoires s'individualisent et passé la taille de 20 mm, grâce à leur position respective et le nombre de rayons mous, l'espèce peut être identifiée. A 35 mm se forment les bandes pigmentaires verticales (Spillman, 1961).

3.5. Coût énergétique

Le succès de la production d'oeufs pour la perche dépend de l'énergie emmagasinée pendant l'année. Le coût énergétique est très élevé; à titre d'exemple, l'énergie perdue par une femelle de 26 cm lors de la ponte est de 168,4 kJ (Craig, 1987); cela correspond à 87% de l'énergie stockée au cours de l'année. Pour le mâle, ce coût est moindre: de 32,5 kJ pour une taille de 22,5 cm soit 10% de l'énergie stockée en 1 an. L'insuffisance de fourniture d'énergie pendant la maturation ovarienne peut entraîner la mort de l'individu avant le frai ou après par faiblesse; cela a été constaté chez la perche jaune (*Perca flavescens*) par Newsome & Leduc (1975).

4. Régime alimentaire

L'alimentation est importante puisqu'elle permet l'apport en énergie utilisée pour la croissance et la reproduction. La perche change de régime alimentaire au cours de son existence, passant d'un régime essentiellement zooplanctonophage (première année) à une alimentation ichtyophage et/ou benthophage. Son alimentation dépend de la période (saison, journée), de sa densité de population mais également de celle des autres populations, surtout du gardon compétiteur trophique de la perche (Persson, 1983c).

Le tube digestif de *P. fluviatilis* évolue au cours du premier mois. Après résorption du vitellus, le tube digestif subit rapidement des métamorphoses pour aboutir à sa forme pratiquement définitive. La figure 6 permet de suivre la séquence de ces changements (d'après Smyly, 1952 in Weatherley, 1972). Ce phénomène joue sur le type de proies ingérées (fig.7 d'après Guma'a, 1978).

Les alevins se nourrissent essentiellement de zooplancton lorsqu'il n'existe pas de compétition alimentaire avec le gardon (Persson, 1983 a, b et c; Persson & Greenberg, 1990) ou avec la grémille (Bergman, 1990, 1991; Jamet & Lair, 1991; Mattila, 1992); sinon ils doivent se nourrir dès 1 an de macroinvertébrés (aselles, gammares). L'alevin de perche se nourrit du même zooplancton que l'alevin de gardon (Persson, 1983a). Cela fait donc intervenir dès le plus jeune âge (dès la première année) la notion de compétition inter et intra-spécifique (Persson, 1983 a, b, c) en milieux naturels.

L'activité prédatrice comparable de ces deux espèces s'exerce d'abord au détriment du zooplancton de grande taille, favorisant le développement des formes de petites tailles que le gardon capture plus facilement que la perche.

D'après Thorpe (1977b), les alevins se nourrissent plutôt de Rotifères et de Copépodes car leur bouche est trop petite et leur nage trop lente.

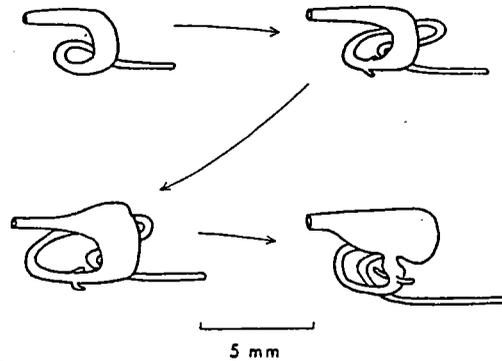


Figure 6: Evolution du tube digestif de *P. fluviatilis* au cours du premier mois (d'après Smyly, 1952).

La ration quotidienne de la perche au stade larvaire serait de 12 à 16% du poids du corps pendant la période estivale et de 5 à 28% du poids corporel selon le mois et l'année pour les juvéniles (Spanovskaya & Grygorash, 1977). L'alimentation des jeunes se ferait plutôt au crépuscule. Chodorowski (1973a) a montré qu'en étang les perches de tailles inférieures à 8 cm se nourrissaient de plancton et de petites larves d'Insectes (préférence pour les Hémiptères, Trichoptères et jeunes Odonates). Au dessus de cette taille, elles chassent et ingèrent de préférence les grandes larves d'insectes. La véritable ichtyophagie (ingestion de poisson) ne commencerait qu'au delà de 11 cm.

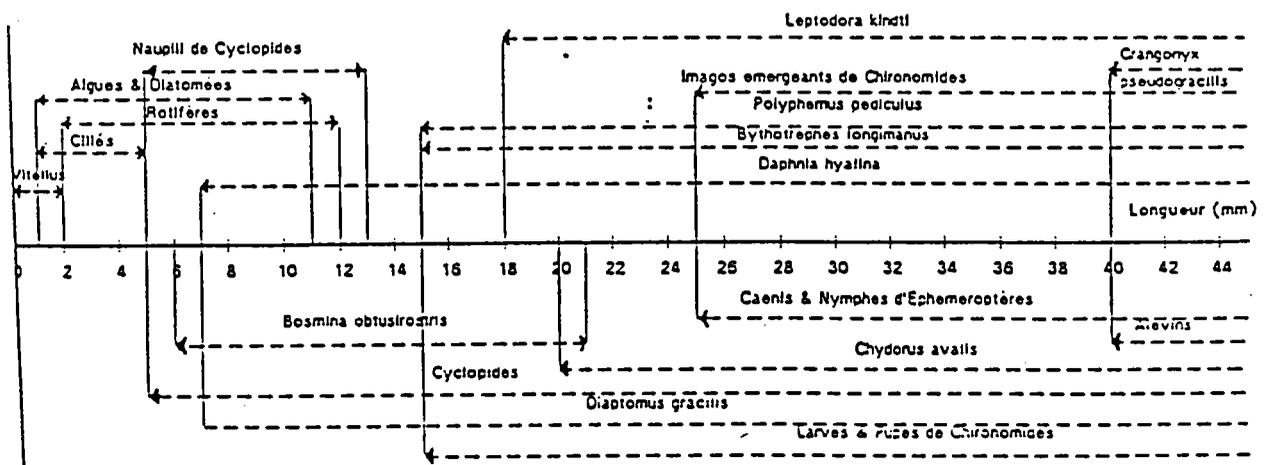


Figure 7: Evolution des proies ingérées au cours du premier été selon la taille des perches (*Perca fluviatilis*) du lac Windermere en Angleterre (d'après Guma'a, 1978).

D'après Allen (1935), elle ne commencerait qu'à 18 cm dans le lac Windermere en Angleterre; d'après Craig (1974), à partir d'une taille supérieure à 15 cm. Ces différences relèvent certainement de la disponibilité des diverses proies dans le milieu.

L'alimentation serait donc plutôt fonction de la taille que de l'âge. En fonction de la richesse trophique du milieu, il pourrait y avoir de ce fait chevauchement des niches alimentaires des juvéniles et des adultes, favorisant la compétition intraspécifique.

D'après Thorpe (1977b), la ration de la perche adulte atteint 6,5% de son poids corporel en juin et décroît jusqu'à 3,2% en septembre. D'après certains auteurs comme Craig (1974) et Thorpe (1977 b), la jeune perche se nourrit en hiver de Cladocères dont le genre *Daphnia*. Durant le printemps jusqu'à l'automne, la perche ingère des larves d'insectes et des gammares; les aselles sont consommées toute l'année.

L'adulte ichtyophage s'alimente de poissons fourrages mais également de jeunes perches; c'est un poisson vorace qui avale sa proie en une seule fois. L'hétérogénéité des tailles, pouvant exister chez cette espèce, conduit au cannibalisme exercé sur les perches de petite taille. Le cannibalisme peut démarrer très tôt chez cette espèce, on parle de cannibalisme de subsistance, lorsqu'il y a une pénurie alimentaire.

Dans le cas du problème du nanisme (cf paragraphe 5.2.), les carnassiers vont équilibrer les nuisances du surpeuplement par le cannibalisme. Chodorowski (1973b) pense que le nanisme est à l'origine de la formation d'une population bimodale avec des perches à croissance lente et d'autres plus cannibales à croissance rapide; cela a été observé dans un étang de Bretagne par Boujard (1987).

Dans les conditions naturelles, la plupart des poissons présentent une prise alimentaire irrégulière au cours de la journée. Le déclenchement de l'alimentation peut être dû au niveau de vidange de l'estomac, au taux d'évacuation gastrique et à l'influence de la lumière pour les prédateurs. La perche adulte, qui chasse à vue, se nourrit plutôt pendant la journée (prédateur diurne) en évitant les zones profondes (Diehl, 1988; Eriksson, 1978; Jamet & Lair, 1991; Persson, 1983 b et c).

Les jeunes perches ont un comportement grégaire (jusqu'à 3-4 ans); elles se déplacent en banc. Les grands individus sont au contraire isolés (à partir de 4-5 ans).

La perche est également la proie d'autres poissons comme le brochet (*Esox lucius*), le sandre (*Stizostedion lucioperca*) et le black-bass (*Micropterus salmoïdes*).

5. Croissance

5.1. Généralités

La croissance des perches montre une variabilité importante en fonction des facteurs biotiques et abiotiques. Ces variations se rencontrent dans des populations

différentes, et à l'intérieur d'une même population, il en existe aussi entre les différentes classes d'âge et également dans une même classe d'âge.

Karas & Neuman (1981), Karas (1987) ont étudié la croissance des juvéniles de perche durant leur première année de vie. Cette croissance dépend principalement de la température de l'eau, de la photopériode (Craig, 1977; Böhling *et al.*, 1989), de la densité des populations ou surpopulation (Rask, 1983) ainsi que de la disponibilité de ressources alimentaires (Sumari, 1971; Hoestlandt, 1979; Hansson, 1985). Hoestlandt (1980) fait apparaître que la croissance des perches d'élevage est plus rapide que celle des milieux naturels où l'alimentation n'est pas optimisée.

La croissance des perches est différente suivant le sexe; généralement les femelles ont un taux de croissance plus rapide que celui des mâles. Nous pouvons considérer des perches à croissance rapide lorsque celles-ci atteignent 12 cm à l'âge de 1 an. Il peut exister dans une population de gros individus à croissance rapide. Cela a été observé par Le Cren (1992) dans le lac Windermere en Angleterre avec des captures de quelques perches de plus de 45 cm de longueur. La croissance de ces poissons augmenterait à partir de 4 ans et s'expliquerait par une alimentation uniquement piscivore de ces perches (généralement des Cyprinidés mais également des jeunes perches (Smyly, 1952; Le Cren *et al.*, 1977)). Un autre cas de croissance rapide liée à la forte disponibilité alimentaire en zooplancton a été observé en Hollande par Houthuijzen *et al.* (1993) où les perches mâles de groupe 0⁺, 1⁺ et 2⁺ mesurent respectivement 12, 22,1 et 29 cm de longueur moyenne et les femelles 12,3, 23,5 et 30,1 cm. 89% des mâles sont matures à l'âge 0⁺.

L'éclairement, l'eutrophisation et le pH influencent également la croissance. La perche est un chasseur, son efficacité de capture des proies dépend donc de la luminosité et de la transparence de l'eau. L'eutrophisation provoque une accélération de la croissance juvénile due à une augmentation de la densité du zooplancton. La prédation exercée sur les jeunes individus étant aussi diminuée, ils atteignent plus vite une longueur qui leur évite de subir le cannibalisme.

Des études sur la croissance de la perche en milieu acide ont été effectuées. En effet, Rask & Raitaniemi (1988) et Linlokken *et al.* (1991) ont montré que la croissance des perches était élevée dans les lacs acides de Norvège et de Finlande. Il y a disparition de certain stock d'autres poissons qui modifient les relations prédateurs-proies. Les invertébrés non consommés augmentent en nombre. Cette production secondaire supplémentaire favorise la croissance des poissons restants. L'acidité provoque également une diminution du succès de la reproduction; la densité plus faible des jeunes de l'année qui en résulte préserve des conditions alimentaires optimales pour les alevins et juvéniles.

La croissance pondérale des perches dépend de leur âge et du type d'aliment ingéré. Quand le régime devient piscivore, la perche voit sa croissance augmenter

significativement vers sa 3^{ème} année. Un poisson ichtyophage aura un poids supérieur à un poisson s'alimentant d'invertébrés pour une même taille donnée.

D'après la littérature, la perche aurait une longévité pouvant aller de 6 à 21 ans.

5.2. Problème du nanisme

La notion de nanisme chez la perche (proposée en premier lieu par Alm, 1946) est constatée chez les scientifiques comme chez les pêcheurs amateurs. Cela devient un terme très mal employé.

La croissance résulte de facteurs:

- celle dépendante des facteurs héréditaires;
- celle liée à des variations individuelles en relation avec le milieu.

D'après Hoestlandt (1980), le concept de nanisme doit être réservé au phénomène héréditaire; il correspond donc à des poissons de petite taille dont les descendants sont obligatoirement petits. Ce serait donc un phénomène génétique, en fait jamais réellement rencontré en France (Hoestlandt, 1980).

Il arrive souvent que des pêcheurs amateurs qualifient les perches de naines lorsqu'elles sont petites. Or l'âge n'a pas été confirmé. Des scientifiques ont remarqué que lorsque ces petites perches sont placées dans un autre milieu, plus riche en ressources trophiques, celles-ci voient leur croissance reprendre. Il s'agit donc bien d'un problème lié à la disponibilité alimentaire et non de nanisme génétique: soit une trop forte densité de perche face à l'alimentation disponible.

On peut remédier à cette faible croissance en introduisant des poissons prédateurs de la perche comme le brochet et le sandre ou bien en exerçant une plus forte pression de pêche sur l'espèce. Dans ce second cas, la diminution du stock de perche dans le lac Léman a permis à la population restante de retrouver une croissance rapide (Gerdeaux & Champigneulle, 1983), du fait de l'augmentation de la nourriture en zooplancton et/ou poisson disponible.

Une autre hypothèse est également émise mais non confirmée (Lagler *et al.*, 1977 *in* Hoestlandt, 1979). Chez plusieurs Perciformes, la réduction du taux de croissance serait expliquée par un "effet de foule" initiant l'émission d'une substance chimique (phéromone) qui ralentirait la croissance. Cet "effet de foule" ou cet "effet de groupe" aurait tendance à réduire l'espace vital pour chaque perche en augmentant l'agressivité des individus et en créant des dominances; il en résulterait un gaspillage d'énergie, une mauvaise utilisation de la nourriture et une baisse du taux de croissance (inhibition) produisant des individus de petite taille (Hansson, 1985).

6. Synthèse sur les impacts liés à l'échauffement de l'eau

Le facteur thermique est déterminant puisque les poïkilothermes ne vivent naturellement que dans des limites bien précises de températures, lesquelles varient selon les espèces. Hokanson (1977) a divisé les poissons des zones tempérées en 3 groupes selon leur exigence thermique (tableau II). La perche est classée parmi les espèces mésothermes comme le brochet. Rappelons que son optimum physiologique est de 25,4 °C (Hokanson, 1977 *in* Craig, 1987). Un rejet thermique est favorable s'il rapproche la température moyenne de la retenue de l'optimum thermique d'une espèce de poisson. Lors d'une augmentation thermique, nous pouvons retenir comme avantages, une accélération de la maturation sexuelle, l'avancement de la période de ponte et une accélération de la croissance. Quant aux inconvénients, il s'agit d'une augmentation de la toxicité de certains rejets polluants (exemple: l'ammoniac), une accélération du développement des germes pathogènes et une augmentation de la consommation d'oxygène du poisson (due à l'augmentation du métabolisme) qui va à l'encontre de la disponibilité naturelle de l'oxygène dans l'eau. Il peut y avoir également inconvénient, si la température de l'eau devient trop fréquemment supérieure à l'optimum.

Tableau II: Classification de différents groupes de poissons d'eau douce, en fonction de leurs exigences thermiques. Effets de la température et de la photopériode sur leur gamétogenèse et la fraie (d'après Hokanson, 1977).

Classification	Température létale	Optimum physiologique	Gamétogenèse			Fraie		Espèces
			Saison	Température	Photopériode	Saison	Température	
Sténothermes	26 °C	20 °C	été	20 °C	→	fin printemps	5-15 °C	Salmonidés
Mésothermes	28-34 °C	20-28 °C	été à hiver	12 °C	→	printemps	2-23 °C	Percidés. Brochet
Eurythermes	34 °C	28 °C	été et printemps	10-12 °C	↗	printemps et été	15-18 °C	Cyprinidés

Des expérimentations sur les poissons en relation avec le problème thermique ont été réalisées. Quelques exemples sont regroupés Tableau III.

En ce qui concerne la reproduction, l'influence d'un échauffement de l'eau est très nette sur le cycle sexuel des poissons. Les poissons s'adaptent à différents régimes de température en déplaçant les températures de frai. Suivant les espèces piscicoles à cycle reproducteur annuel, la température aurait une influence sur la formation des différents types de cellules germinales au cours de la gamétogenèse: l'augmentation de la température favoriserait par exemple la multiplication des cellules spermatogoniales.

Tableau III: Exemples de travaux scientifiques sur certaines espèces de poissons en relation avec le problème thermique

REPRODUCTION		
Années	Auteurs	Résumés
1977	GILLET, BILLARD & BRETON	Travaux sur la truite arc-en-ciel et le carassin. Rôle déterminant de la température sur la gamétogenèse.

CROISSANCE		
Années	Auteurs	Résumés
1976	PARENT, BOUCHE & VELLAS	Travaux sur le gardon, la perche et la carpe. Accélération du cycle métabolique à 8°C sans prise de poids. Croissance des carpes à 3°C nulle.
1976	DURAND & GAS	Travaux sur le brochet. Croissance des jeunes alevins de brochets notablement accélérée en eau réchauffée.
1980	BALLIGAND, TRONEL-PEYROZ, DESCAMPS, GRAUBY, FOULQUIER & DUMAS	Travaux sur l'anguille. A partir d'une biomasse de départ de 8 700 kg (poids moyen = 13g), on obtient après 9 mois, une biomasse de 20 000 Kg. Cette biomasse actuelle comprend des anguilles de tailles différentes. Les plus grosses (poids = 100g) représentent 44 % de cette biomasse. Les moyennes (50g) 45 % et les petites 11 %. En 10 mois, ils espèrent obtenir un tonnage de 30 000 Kg. Les anguilles seraient alors de 300 g.

LETALITE		
Années	Auteurs	Résumés
1968	CHARLON	Etablissement d'une courbe permettant d'évaluer en fonction de la température de l'eau, l'augmentation de la température qui provoque en 48h la mortalité de 10, 30 ou 90 % du lot : truites, gardons, poissons-chats. Les chocs thermiques brefs et répétés sont mieux supportés par les poissons qu'un choc unique et prolongé.
1970	CHARLON, BARBIER & BONNET	Pas de mortalités importantes de poissons liés au réchauffement des eaux. Pourtant les températures atteintes dépassaient parfois les températures létales déterminées en laboratoire.
1975	BARBIER & PASCAL	
1975	LEYNAUD & ALLARDI	Fragilité du poisson à la manipulation pour une température de l'eau > 27°C. Anesthésie et marquage sont alors suspendus lors des pêches.
1976	KHALANSKI	Travaux sur la perche, le gardon, la truite arc-en-ciel. Les données expérimentales obtenues sur l'évolution de la température létale TL50 en fonction de la température d'acclimatation, permettent la construction d'abaques.
1977	PARENT & CREACH	Chocs thermiques froids chez le gardon. $\Delta t = - 5^\circ\text{C}$ bien supportés $\Delta t = - 10^\circ\text{C}$ mortalité importante

COMPORTEMENT - ETHOLOGIE		
Années	Auteurs	Résumés
1975	FOLLIOT	Les rejets thermiques ont un caractère attractif pour les différentes espèces observées pendant leur reproduction. Ce sont des zones privilégiées de reproduction pour la perche-soleil et le black-bass.
1976	DURAND & GAS	Les observations ont montré le rôle des zones réchauffées dans les rassemblements des géniteurs de brochets matures et les possibilités d'utilisation pour l'éscoulture.
1981	DOUDET, DESCAMPS & FOULQUIER	Les poissons ont généralement une température proche de celle du milieu ambiant : au sein de certaines limites, une augmentation de température du milieu dans lequel ils vivent se traduit par une activation de leur métabolisme et donc par une accélération de leur croissance. Dans une première expérience, le poids moyen des anguilles est passé en 18 mois de 30g à 210g pour une température de 20°C contre 90g dans le bassin témoin non régulé. Dans une deuxième expérience, le poids moyen est passé de 13g à 210g en 25 mois dans le bassin réchauffé (T° à + 8°C) contre 65g dans le bassin témoin.

NUTRITION - DIGESTION		
Années	Auteurs	Résumés
1974, 1975 1976a et b, 1977a et b	BOGE, RIGAL & PERES	L'échauffement de l'eau accroît la vitesse du transit des aliments dans le tube digestif. La température agit aussi sur l'absorption intestinale du glyco-colle chez la truite arc-en-ciel. Mise en évidence du rôle du sodium et association des effets de variations positives et négatives de température avec l'hypoxie.

RESPIRATION - CIRCULATION		
Années	Auteurs	Résumés
1976	DAZAROLA & LABAT	Un échauffement provoque une augmentation des rythmes cardiaques et respiratoires chez la carpe et l'anguille. Le rôle du nerf pneumogastrique et l'influence du pH de l'eau ont été mis en évidence.
1978	BELAUD	
1978	MULLER-FEUGA, PETIT & SABAUT	La taille du poisson et la température de l'eau conditionnent la consommation d'oxygène. Définition du domaine d'adaptation respiratoire du poisson. Mise en évidence des seuils au-delà desquels apparaissent des perturbations irréversibles du métabolisme respiratoire, en fonction de la température.

Chez la perche, l'augmentation de la température rendrait la ponte plus précoce (Parent *et al.*, 1976). Cette augmentation de température entraînerait une accélération de son cycle biologique.

Un point très important est que l'augmentation de la température dans un milieu ne doit pas dépasser une certaine limite puisque des températures basses hivernales sont essentielles pour le cycle reproducteur. Sans cette période hivernale, la ponte ne peut avoir lieu entraînant un mauvais recrutement de l'espèce. C'est un point à prendre en compte dans le réservoir du Mirgenbach où les températures hivernales sont relativement élevées (annexe 2). En ce qui concerne la durée d'incubation, la diminution des degrés-jours est en relation avec l'accroissement de la température, comme le montre le tableau IV. Cette évolution décroissante serait liée à une certaine forme d'augmentation du métabolisme et de l'activité enzymatique chez l'embryon.

Tableau IV: Relation entre la durée d'incubation et la température pour la perche (Hoestlandt, 1980).

Température °C	10	13,23	17,14	24,65
Durée d'incubation (en jours)	19	14	7	4,33
Degrés-jours	190	185	120	106

En ce qui concerne le développement, la température majorée sans dépasser l'optimum va permettre aux poissons une croissance plus rapide et régulière, grâce à une alimentation annuelle régulière. Karas & Neuman (1981) notent que la croissance chez la perche intervient encore pour des températures de 30-31 °C alors que pour l'espèce, les mortalités interviennent entre 29 °C et 35 °C (Hokanson, 1977).

Le dernier point à aborder est le parasitisme, les infections fongiques, bactériennes ou virales chez les poissons lorsque la température augmente. La perche peut être l'hôte de nombreuses espèces de parasites, souvent ni dangereux ni pathogènes pour l'espèce. Généralement le poisson est "sain" mais il présente néanmoins des parasites à Trématodes, Cestodes, Nématodes et Acanthocéphales. Lang & Lang (1983) indiquent une infestation pathogène pour la perche facilitée par l'eutrophisation. Cette eutrophisation serait responsable du parasitisme par un protozoaire *Diplostomum* sp. Les cercaires de ce parasite sont ingérés par le poisson (hôte final); les métacercaires infestent les yeux et l'individu meurt.

Une pathologie peut être induite par des facteurs environnementaux abiotiques comme la température. Les changements saisonniers de température sont des moyens naturels contre les attaques pathogènes.

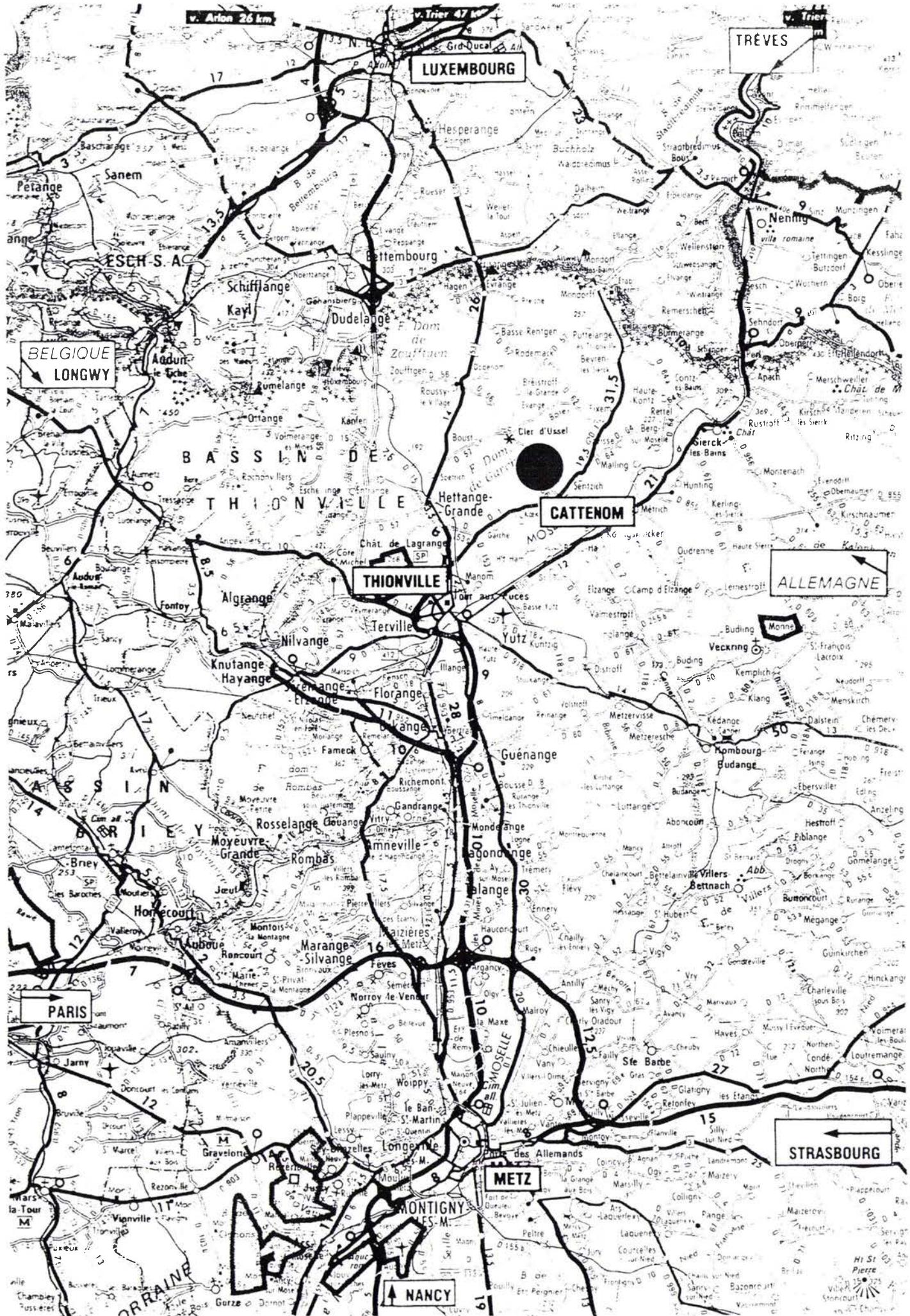
La mortalité peut survenir quand les limites de tolérance sont atteintes; il y a mortalité directe. Lorsque le poisson est encore dans des limites tolérées mais au-dessus de l'optimum, il y a renforcement de la mortalité par diminution des défenses, ce qui facilite les attaques pathogènes. Et enfin, il peut y avoir une attaque pathogène virulente sur les animaux sains provoquant une mortalité.

7. Intérêt économique et aquaculture

La perche commune est une espèce bien adaptée aux milieux de type lacs et retenues qu'elle colonise facilement. De part son abondance en 1987 dans le réservoir du Mirgenbach et de part sa grande valeur commerciale, son étude semblait nécessaire non seulement pour comprendre sa biologie en extensif mais également pour tenter des essais d'élevage en intensif. Cela a été réalisé en 1989, où des perches en provenance du réservoir du Mirgenbach ont été introduites en aquarium. La possibilité d'adapter cette espèce à l'aliment artificiel a présenté un certain succès (Flesch *et al.*, 1990) puisque la perche a accepté le granulé (aliment composé). Ces expériences ont aussi été réussies sur l'espèce américaine *Perca flavescens* (Goubier, 1990), mais aucun travail n'avait été publié à ce jour sur l'espèce européenne. Depuis, l'intérêt de continuer sur cette voie en Lorraine est prometteur puisque la demande en perche est forte (seulement une production de 10 tonnes en Lorraine en 1992 en semi-intensif (Tamazouzt *et al.*, 1994)). Le marché de la perche commune apparaît donc très porteur; de ce fait, les travaux pour déboucher sur une "perciculture" continuent et des essais récents ont montré sa remarquable acceptation du confinement en circuit fermé (Vlavonou, 1991; Vlavonou, thèse en cours; Tamazouzt *et al.*, 1993).

Deuxième partie

Présentation du site d'étude



LUXEMBOURG

TRÈVES

BELGIQUE
LONGWY

BASSIN DE
THIONVILLE

CATTENOM

THIONVILLE

ALLEMAGNE

PARIS

METZ

STRASBOURG

NANCY

LORRAINE

ESCH S. A.

MONTIGNY

LES-M.

Hi St Pierre

1. Géographie

Le site électronucléaire de Cattenom est localisé dans le département de la Moselle (Nord-Est de la France) sur le territoire de la commune de Cattenom à 8 km au Nord-Est de Thionville et à proximité du Luxembourg et de l'Allemagne (fig. 8). Le site est constitué de 4 tranches nucléaires de 1300 MW de la filière à eau pressurisée. Il est associé à un ouvrage hydraulique, le réservoir du Mirgenbach.

Le réservoir du Mirgenbach est créé artificiellement en 1985 par un barrage sur le ruisseau du Mirgenbach (affluent senestre au premier degré de la rivière Moselle), à proximité immédiate du site. L'emprise totale du site de la centrale et du plan d'eau représente 415 hectares, le lac occupant à lui seul 95 hectares.

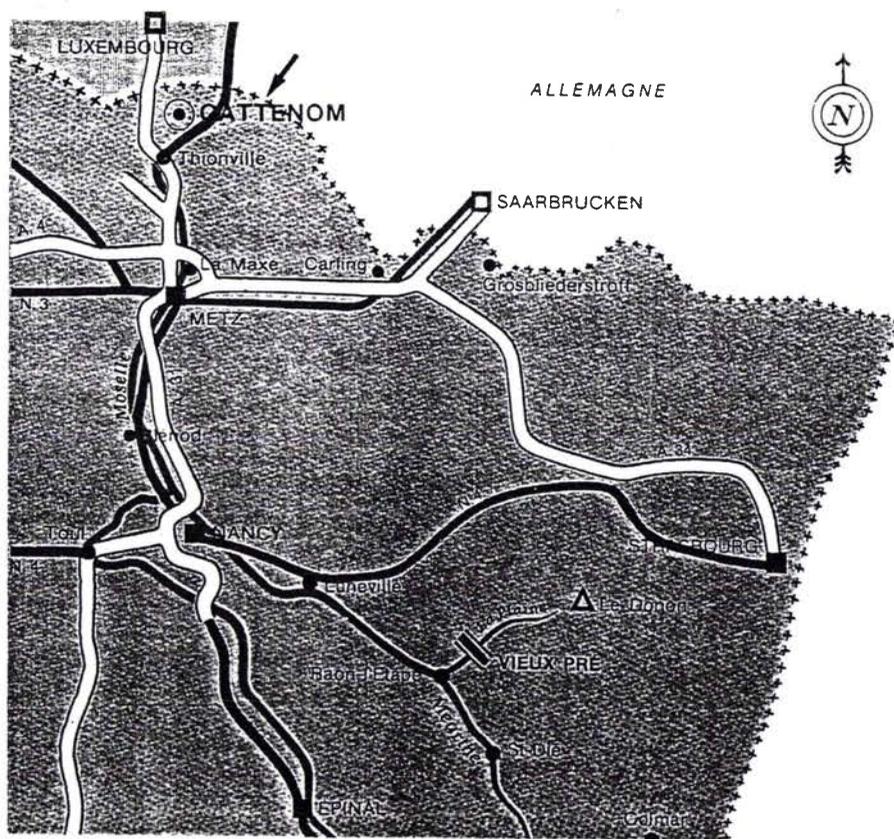


Figure 8: Situation géographique du site électronucléaire de Cattenom

← **Détail (1 / 25000)**

2. Géologie

Le site de Cattenom est localisé dans un compartiment de failles effondrées, sur des marnes à Amalthées domériennes du Lias supérieur (d'après carte IGN, annexe 3). L'épaisseur de ces marnes avoisine 50 m. Ce sont des argilites grises, plus ou moins calcaires (5 à 20 % de CaCO_3). Ces marnes, contenant un fort pourcentage d'argile, sont imperméables, ont une dureté faible et s'érodent facilement (Université de Metz. Laboratoire d'Ecologie, 1986; source EDF). Ces sols ont une forte résistance au tassement.

3. Géomorphologie

Lors de la construction de la centrale électronucléaire, la partie superficielle des argiles domériennes a été décapée et a servi à l'élaboration du barrage en remblai sur le ruisseau du Mirgenbach (Université de Metz. Laboratoire d'Ecologie, 1986). Le débit de ce ruisseau est très faible, de $0,083 \text{ m}^3/\text{s}$. Le barrage, d'une hauteur de 22 m et d'une longueur de 450 m, a un côté externe enherbé et un côté interne empierré.

Avant la mise en eau du réservoir, une partie de la forêt a été déboisée; cette zone correspond à tout le côté Nord du plan d'eau. Les caractéristiques du plan d'eau sont résumées dans le tableau V.

4. Climatologie

Le réservoir du Mirgenbach est soumis au régime climatique océanique à tendance continentale. Ce climat local se caractérise par:

- une pluviosité annuelle moyenne de 600 à 700 mm d'eau par an;
- une température moyenne annuelle de $9,5 \text{ }^\circ\text{C}$;
- un ensoleillement réduit.

5. Activité humaine

Au nord et au nord-est, le bassin versant est forestier. A l'ouest des prairies humides drainantes arrivent directement dans le réservoir du Mirgenbach.

Ce réservoir artificiel, à vocation industrielle, est également utilisé pour les loisirs nautiques (planches à voile). Les pêcheurs à la ligne sont aussi présents sur le pourtour du lac (il n'existe pas de réglementation de la pêche sportive sur le réservoir du Mirgenbach de 1987 à 1991).

6. Peuplement végétal entourant la retenue

La végétation située en rives du lac est un élément important puisqu'elle peut influencer la répartition des espèces piscicoles. Les observations suivantes datent de la fin de l'été 1991 et de 1992 (Université de Metz. CREUM, 1993).

Toute la partie nord, hors du réservoir du Mirgenbach, est entourée d'une forêt de type chênaie-charmaie acidocline, marquée par la présence de quelques espèces faiblement acidophiles (*Atrichum undulatum*, *Lonicera periclymenum*, *Teucrium scorodonia*) combinées à des espèces neutrophiles (*Rubus* sp., *Corylus avellana*). Cette combinaison floristique résulte d'une faible couverture de limons lessivés, surmontant un affleurement argileux.

Les zones déboisées (au moment de la mise en eau) en bordure du plan d'eau (au nord du lac) montrent une recolonisation forestière très active par le chêne pédonculé, le tremble et le saule marsault. Le stade pré-forestier actuel est dominé par les ronces (*Rubus fruticosus*) et le genêt à balais (*Sarothamnus scoparius*), dont la présence et l'abondance traduisent la légère acidité du sol. Ce groupement se développe jusqu'en bordure directe du plan d'eau. Au voisinage des zones non-déboisées, ce groupement est remplacé par une formation prairiale (*Festuca arundinacea*, *Calamagrostis epigeios*, *Agrostis* sp.) riche en espèces rudérales (*Tussilago farfara*, *Eupatorium cannabinum*).

En bordure directe du plan d'eau apparaît un liséré discontinu de joncs (*Juncus effusus*). A faible profondeur d'eau se développe un groupement hélophytique largement dominé par la Massette à larges feuilles (*Typha latifolia*). Dans cette typhaie sont également observés la lysimaque vulgaire (*Lysimachia vulgaris*), le rubanier dressé (*Sparganium erectum*), le lycophe d'Europe (*Lycopus europaeus*), la douce amère (*Solanum dulcamara*). Ce groupement à *Typha*, présent de manière discontinue un peu partout, est caractéristique d'une grande dynamique de colonisation des bordures du plan d'eau. Dans quelques années, ce groupement végétal formera certainement une ceinture quasi continue dans toutes les zones non perturbées du réservoir. La végétation hydrophytique montre la présence du Potamot pectiné (*Potamogeton pectinatus*), de la petite lentille d'eau (*Lemna minor*), du Potamot crépu (*Potamogeton crispus*) et de la grande naïade (*Najas marina*).

Cette végétation globale du réservoir indique une faible diversité floristique typique d'un plan d'eau de création récente. L'espèce ayant la dynamique d'expansion la plus importante est *Typha latifolia*. D'autres espèces (Phragmite, Scirpe) apparaîtront probablement dans les années à venir; cela conduira progressivement à une diversification des ceintures de végétation aquatique et subaquatique. Cette ceinture végétale constitue cependant des habitats intéressants pour des poissons limnophiles.

7. Peuplement ornithologique

Divers oiseaux peuplent le réservoir du Mirgenbach. Trois espèces piscivores sont présentes : le martin-pêcheur (*Alcedo atthis*), le héron cendré (*Ardea cinerea*) et le grand cormoran (*Phalacrocorax carbo*). Nous recensons également le grèbe huppé (*Podiceps cristatis*), le cygne (genre *Cygnus*) et plus couramment le foulque (genre *Fulica*) et la poule d'eau (*Gallinula chloropus*).

8. Site

Le réservoir a été mis en eau à partir d'un pompage des eaux de la rivière Moselle d'avril à octobre 1985; le fonctionnement de la centrale a démarré en octobre 1986. Le calendrier du fonctionnement des 4 tranches est indiqué en annexe 4.

Le réservoir du Mirgenbach présente les particularités suivantes:

Tableau V: caractéristiques du réservoir du Mirgenbach

Latitude	49° 25' N
Altitude	182 m
Surface du bassin versant	4,6 km ²
Surface du réservoir	95 ha
Volume total	7,3 millions de m ³
Volume utile	6 millions de m ³
Profondeur maximale	20 m
Profondeur moyenne	7,7 m
Débit de pompage	2,7 m ³ et 5,4 m ³ pour 2 et 4 tranches
Q _e (extraction)	= Q _i (injection)
temps de séjour (renouvellement)	15 jours pour 4 tranches
côte NGF maximale	179,50 m

Ce réservoir artificiel reçoit les purges des aéroréfrigérants de la centrale électronucléaire de Cattenom. Il s'agit principalement d'une réserve pour l'alimentation des circuits de sauvegarde; elle permet, en outre, un refroidissement supplémentaire des eaux échauffées avant le rejet en Moselle.

La transparence de l'eau dans le réservoir du Mirgenbach est de 50 cm en été et de 2 m en hiver (mesures effectuées au disque de Secchi).

Le réseau hydraulique (fig.9) reliant le réservoir du Mirgenbach à la centrale est constitué par:

- un ouvrage de rejet, en retenue, par lequel les eaux échauffées en provenance des purges des réfrigérants sont déversées dans le plan d'eau;
- un ouvrage de prise d'eau, en retenue, servant à ramener l'eau excédentaire du réservoir vers la centrale et la rivière Moselle;
- un ouvrage de point haut;
- un ouvrage de point bas;
- un ouvrage appoint-rejet des tranches nucléaires comportant des grilles et des obstacles s'opposant au passage des poissons Moselle-OAR-Mirgenbach et inversement. Les eaux sont filtrées sur les filtres rotatifs associés aux bassins de reprise (OAR), précédé d'un dégrillage à 50 mm. Sur le plan biologique, il n'y a donc pas de passage de poissons de la Moselle vers le réservoir du Mirgenbach.

La centrale est également associée à un deuxième ouvrage hydraulique, la retenue de Vieux pré⁷, de 50 millions de m³ d'eau dans le département des Vosges (88).

9. Création d'une réserve d'eau

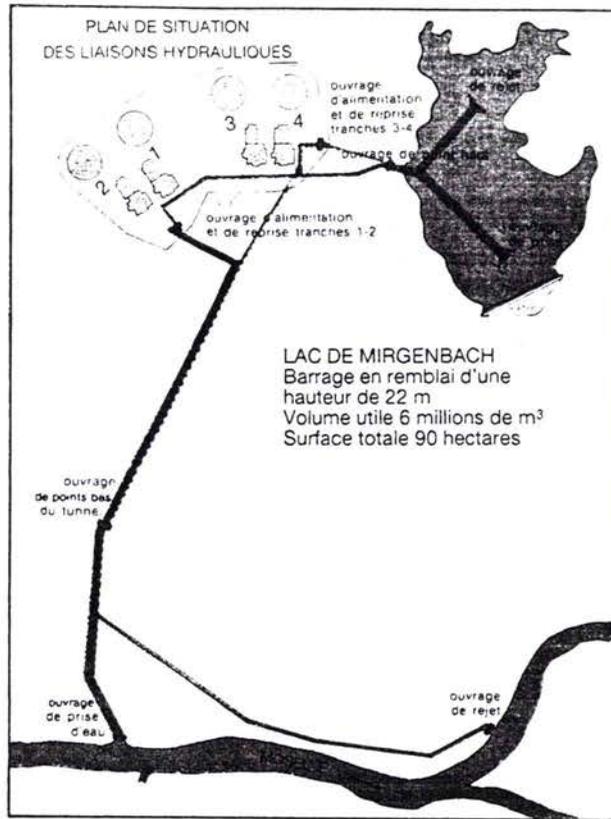
La création d'une retenue non vidangeable répond à un objectif bien précis. Ici, il s'agit d'une masse d'eau de sécurité et d'un tampon thermique; la conception de la centrale ayant été également menée avec le souci de réduire au maximum son impact thermique sur la Moselle et en le concentrant sur cette retenue artificielle.

L'extraction et l'injection de l'eau étant égales dans le lac du Mirgenbach, celui-ci n'est pas soumis à des fluctuations notables du niveau, évitant ainsi les marnages. Ceci est un point important dans le succès de la reproduction de la perche.

D'après Travade *et al.* (1985), les modes de gestion des réservoirs artificiels ont cependant des conséquences sur la qualité de l'eau (température, oxygène dissous, effet du temps de séjour de l'eau et effet du niveau de soutirage dans la retenue) et sur les populations de poissons (mise en eau, équilibration de l'écosystème...).

Le premier point à aborder est la physico-chimie, permettant d'une part d'évaluer la qualité des eaux et d'en déduire ses potentialités piscicoles et d'autre part de déceler la nature, l'importance et l'origine des pollutions potentielles.

⁷ L'aménagement de Vieux-pré est implanté à 10 km de Raon-l'étape sur le territoire de Celles-sur-Plaine et des communes voisines. Cette retenue est prévue pour soutenir le débit de la Moselle et de compenser les débits évaporés dans les tours de refroidissement de Cattenom, lorsque le débit de la Moselle tombera en-dessous de 26 m³/s à la frontière. Ce barrage, en remblai de grès avec noyau d'argile, a une hauteur de 69 m, une longueur en crête de 330 m et une surface de 269 ha.



Les circuits de refroidissements de la centrale

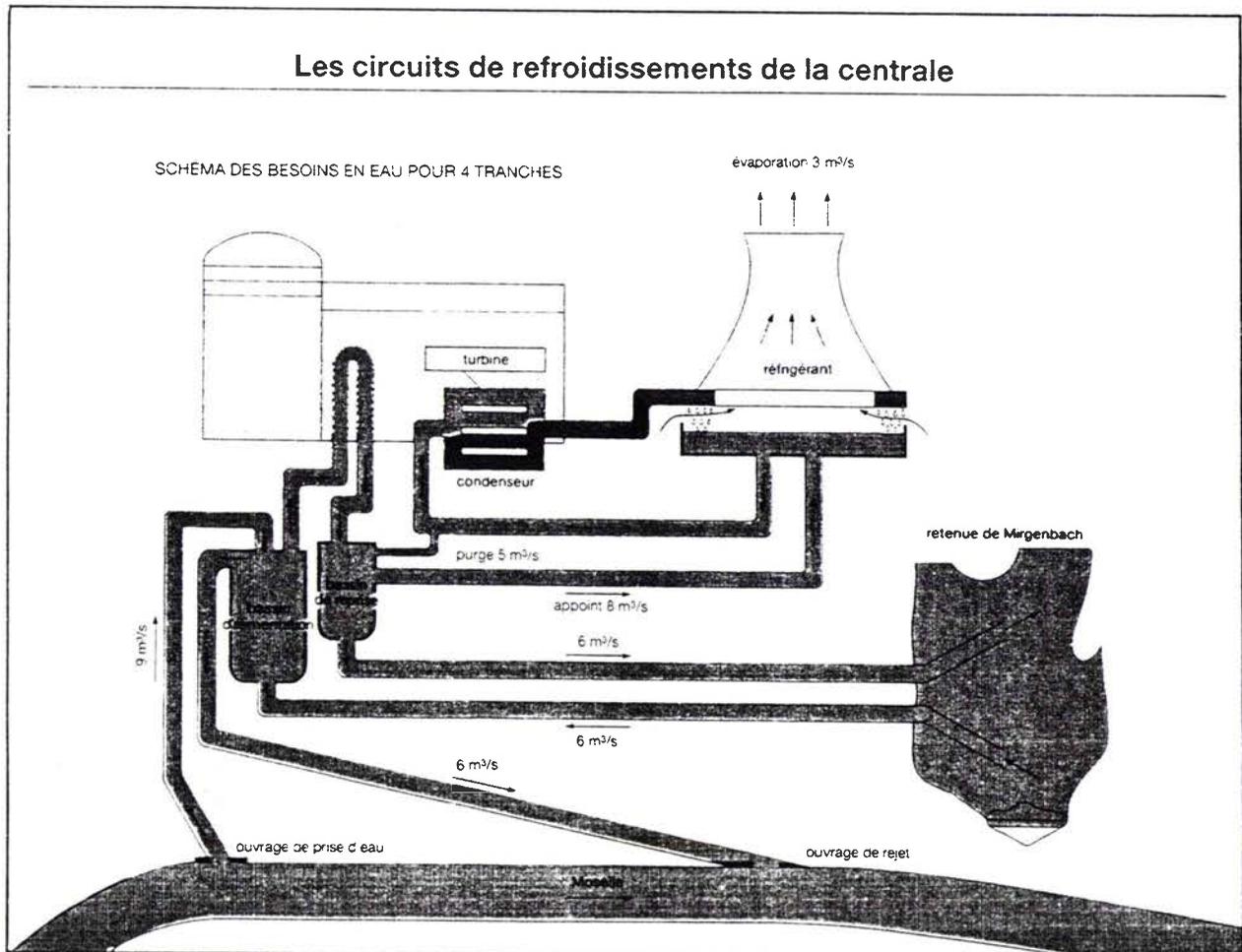


Figure 9: Réseau hydraulique reliant le réservoir à la centrale électronucléaire de Cattenom.

La centrale nucléaire de Cattenom produit trois types de rejets agissant sur la qualité de l'eau du réservoir et qui sont de nature thermique, chimique (acide chlorhydrique, métaux lourds comme le cuivre) et radioactive. Dans cette étude nous ne prendrons en compte que le problème thermique⁸.

Généralement, dans ces régions, un lac est isotherme en hiver, alors qu'au printemps, les couches de surface se réchauffent. Le vent permet alors le mélange de ces eaux échauffées jusqu'à une certaine profondeur. Il s'agit d'une thermocline transitoire. La somme de toutes ces thermoclines transitoires donne naissance à une thermocline saisonnière. En période automnale, le refroidissement des zones de surface érode la thermocline jusqu'à un mélange hivernal complet (Travade *et al.*, 1985).

Cette stratification thermique théorique était prévue dans le réservoir du Mirgenbach, d'après les simulations faites par Albignat (1976) source EDF in Université de Metz. Laboratoire d'Ecologie (1986) et Gilbert & Salençon (1988).

Le bilan d'énergie et la dynamique interne d'une retenue sont résumés dans la fig.10, d'après Travade *et al.* (1985).

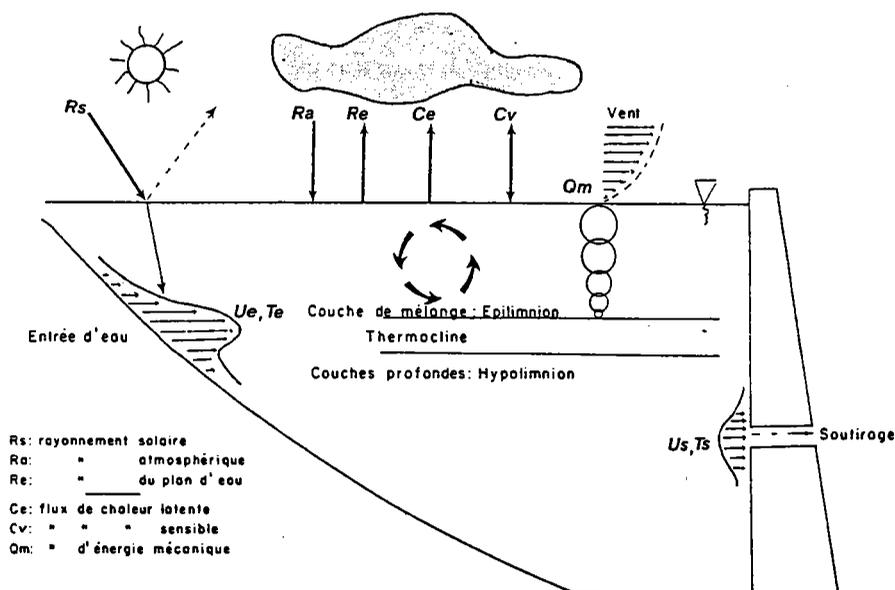


Figure 10: Bilan d'énergie et dynamique interne d'une retenue (d'après Travade *et al.*, 1985). Cas général.

⁸ Nous avons néanmoins contrôlé la radioactivité naturelle et artificielle dans les muscles (parties consommées par l'homme) des perches en 1988 et en 1989. Cette mesure par spectrométrie γ Ge.li (Germanium-Lithium) a été réalisée par le Laboratoire de Métrologie de la radioactivité de l'environnement dépendant du Commissariat à l'Energie Atomique. Le Laboratoire de Radioécologie Continentale (LRC) a accentué ses études sur tous les maillons de la chaîne trophique des milieux aquatiques français suite à l'accident de Tchernobyl en 1986 (Descamps & Baudin-Jaulent, 1988; Descamps, 1991; Foulquier, 1988); l'étude des perches entre de ce contexte particulier. Que ce soit pour le potassium 40, le radium 226 et le thorium 232, les chiffres sont normaux. Pour ce qui est de la radioactivité artificielle (césium 137 et 134), le rapport 137/134 Cs indique comme origine l'accident nucléaire russe. Enfin, il y a absence de Co58, Co60 et Mn54; la centrale n'influence donc pas le réservoir du Mirgenbach.

Toujours d'après ces mêmes auteurs, le temps de séjour de l'eau dans une retenue est un facteur important : plus le temps de séjour de l'eau est faible, plus les gradients thermiques sont faibles. L'hypolimnion (couches profondes) sera d'autant plus oxygéné que le temps de séjour est faible et que la prise d'eau est implanté profondément. Dans le réservoir du Mirgenbach, les profondeurs où se situent la prise et le rejet d'eau sont respectivement de - 15 m et - 18 m. Le temps de séjour est de 15 jours pour 4 tranches en fonctionnement.

Le deuxième point concerne l'impact de la gestion d'une retenue sur la biocénose et notamment sur les poissons. D'après Balvay (1985), l'évolution d'une retenue depuis sa mise en eau comprendra 4 phases:

- la destruction des biocénoses initiales avec le développement d'espèces pionnières à cycle de vie court, puis l'apparition progressive et temporaire d'espèces caractéristiques du milieu étudié;
- une explosion trophique due au développement intense du phytoplancton, du zooplancton et du benthos. Les poissons présents dans le milieu disposent d'abondantes ressources alimentaires et ont un fort taux de croissance et ce d'autant plus qu'ils sont encore peu nombreux;
- une dépression trophique en relation avec une diminution de la biomasse et de la diversité du zooplancton;
- une stabilisation de la biocénose.

D'après Dussart (1974), l'évolution vers l'état d'équilibre final pour une retenue (naturelle et/ou artificielle) est de l'ordre de 15 à 20 ans en région tempérée continentale. Le réservoir du Mirgenbach semble donc encore en phase d'évolution. Cette dernière est intéressante à suivre puisque cette situation de lac échauffé à proximité d'une centrale électronucléaire est unique en France, voire en Europe; nous n'avons donc pas de données comparatives.

Troisième partie

Matériel et méthodes

L'objectif de cette étude monospécifique est de décrire le cycle et les événements biologiques de *Perca fluviatilis* au sein d'un écosystème aquatique perturbé par un échauffement. L'étude comprend plusieurs niveaux: le milieu, le peuplement de poisson et la population de perche avec des caractéristiques descriptives et explicatives. Le tableau VI résume les différents points abordés.

Sur le plan physico-chimique, la qualité des eaux du réservoir est principalement influencée par celle des eaux pompées dans la rivière Moselle, dont la minéralisation était assez importante, avec cependant des modifications. L'évaporation dans les aéroréfrigérants entraîne une concentration de 1,5 fois des sels dissous (Université de Metz. Laboratoire d'Ecologie, 1986; Mersch *et al.*, 1992). Il y a décantation des matières en suspension dans les bassins des aéroréfrigérants.

En ce qui concerne les métaux lourds, il y a rejet de cuivre dans le réservoir du Mirgenbach; ceci est dû à la corrosion du circuit tertiaire de la centrale.

1. Caractéristiques physiques et chimiques

1.1. Mise en place des stations

L'étude a débuté en 1986 sur 5 stations (fig.11) selon un pas d'échantillonnage mensuel. Les initiateurs de l'étude (Université de Metz. Laboratoire d'Ecologie, 1986) avaient choisi l'emplacement de ces stations 1 à 5 en fonction, d'une part de leur position de part et d'autre des ouvrages de rejet et de prise d'eau et d'autre part, de la morphométrie du réservoir. La représentativité de ces stations étant jugée suffisante, elles ont été maintenues.

Le profil bathymétrique réalisé par échosondage est représenté fig.12. L'écosystème aquatique est scindé en 3 zones principales suivant la profondeur : une zone littorale (A : 0-5 m), une zone semi-pélagique (B : 5-12 m) et une zone pélagique (C : 12-20 m).

1.2. Caractères physiques et chimiques mesurés

Pour les mesures *in situ* des 4 caractères physico-chimiques généraux (température, pH, conductivité et O₂ dissous), une multisonde WTW est utilisée. Les autres analyses (normes AFNOR, 1990) en laboratoire concernent : SO₄²⁻ (NFT 90-042) (méthode néphélométrique puis par chromatographie ionique), Cl⁻ (NFT 90-042) (dosage par du nitrate mercurique; chromatographie ionique), Ca²⁺, Mg⁺ (absorption atomique en flamme), Na⁺, K⁺ (photométrie de flamme).

Tableau VI: Protocole d'étude pour l'autoécologie de la perche dans le réservoir du Mirgenbach.

PARAMETRES DESCRIPTIFS		PARAMETRES EXPLICATIFS	
MOYENS D'ACCES A L'INFORMATION		Structure	EXTERNE
Répartition	Abondance		
<u>Echelles d'observation</u> Spatiale *stations (nombre, lieux, profondeurs) temporelle *cycle saisonnier *cycle pluriannuel *rythme nyctéméral	<u>Echantillonneurs</u> *choix des engins (mailles, efficacité) *choix d'effort (surface, durée, modalités de poses et de relevés) <p style="text-align: center;">CPUE ↓ (indice de variation d'abondance)</p> Définition des protocoles d'étude à partir des objectifs *stratégie d'échantillonnage * patrons de répartition	*inventaire *composition *inventaire des proies et composition du régime alimentaire	<u>Milieu physique</u> *Physico-chimie *le milieu avec ses stations circulation, évolution *orientation (effet station) <u>Milieu biologique</u> *peuplement de poisson *population de perche *réseau trophique
			Intervention humaine *fonctionnement *pêche plaisancière
		*stades de maturité *sexes *longueur *âge *stades	INTERNE *reproduction *croissance *rythme
	Captures-recaptures Abondance totale		

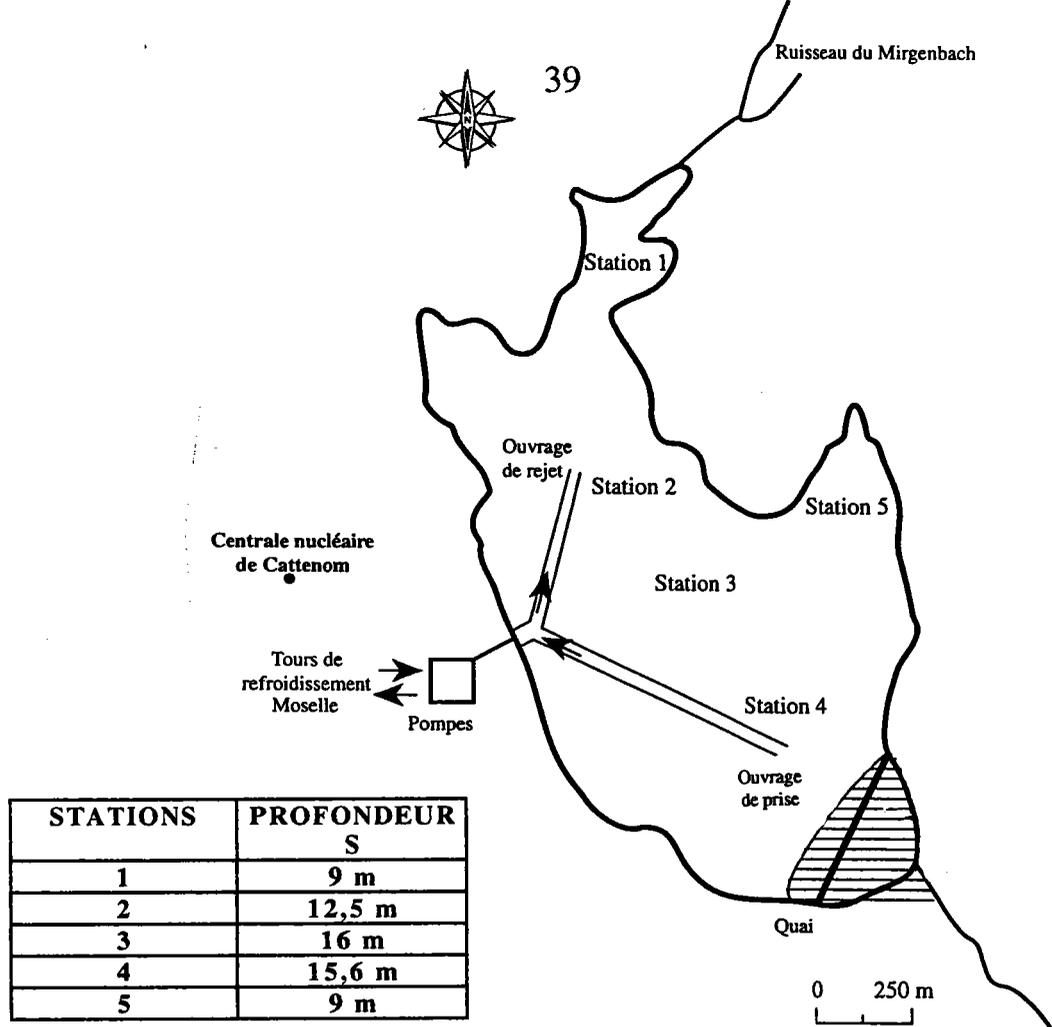


Figure 11: stations d'échantillonnage pour les paramètres physico-chimiques.

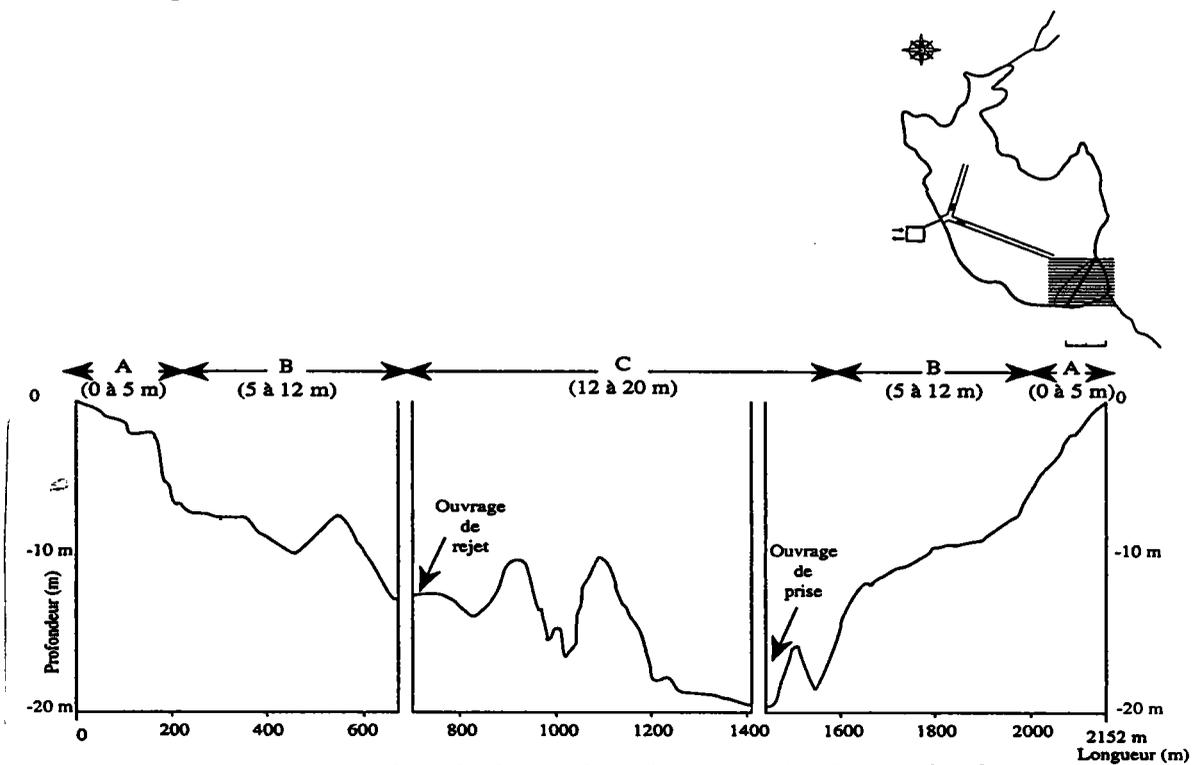


Figure 12: carte bathymétrique du réservoir du Mirgenbach

TAC (Titre alcalimétrique total) (NFT 90-035) (titration : mesure par addition d'acide sulfurique N/10 en présence de méthylorange; ou pH mètre), MEST (matières en suspension totale) (NFT 90-105) (filtration), sur la teneur en nutriments disponibles pour les producteurs primaires : NO_2^- , NO_3^- , NH_4^+ , PO_4^{3-} (méthode spectrophotométrique), P total (NFT 90-023) (minéralisation à chaud; méthode spectrophotométrique), silice (méthode spectrophotométrique) ainsi que sur la biomasse phytoplanctonique (spectrophotométrie après extraction à l'acétone).

2. Récolte et exploitation des données piscicoles

L'échantillonnage est, dans les études écologiques, un des éléments fondamentaux qui permet de montrer objectivement comment évolue un milieu. La difficulté tenait à la mobilité des poissons et à leur répartition spatio-temporelle inconnue et cela tenait du fait qu'il s'agissait des premières études ichtyologiques sur le réservoir du Mirgenbach. Les premières années ont donc été marquées par des problèmes d'échantillonnage.

Pour étudier la structure du peuplement de poissons, nous avons, au fur et à mesure de nos années d'échantillonnage, amélioré nos outils de sondage afin d'intégrer au mieux les rythmes d'activité saisonnière et la notion de cycle biologique des espèces. De 1987 à 1990, nous avons marqué les poissons utilisant des engins de capture variés et non destructifs, ceci afin de tenter d'estimer son stock. C'est en 1990 et 1991 que nous avons des résultats reproductibles pour traiter la reproduction et l'alimentation avec l'utilisation du même engin d'échantillonnage. La croissance est étudiée sur toute la durée de l'expérimentation.

Les pêches expérimentales, effectuées les premières années, ont permis de mettre au point une technique pouvant échantillonner l'espace du plan d'eau en 3 zones définies par la profondeur.

2.1. Echantillonnage

2.1.1. Choix des stations

La carte du Mirgenbach (fig.13) situe les stations d'échantillonnage, certaines étant proches des stations physico-chimiques.

Pour chaque engin de capture, les principaux critères de choix des stations portent sur la morphologie du lac (typologie et topographie des rives), la profondeur, l'exposition au vent et enfin la proximité ou non des ouvrages de prise et de rejet du circuit hydraulique de la centrale, ceci afin d'avoir des stations les plus diverses que possible.

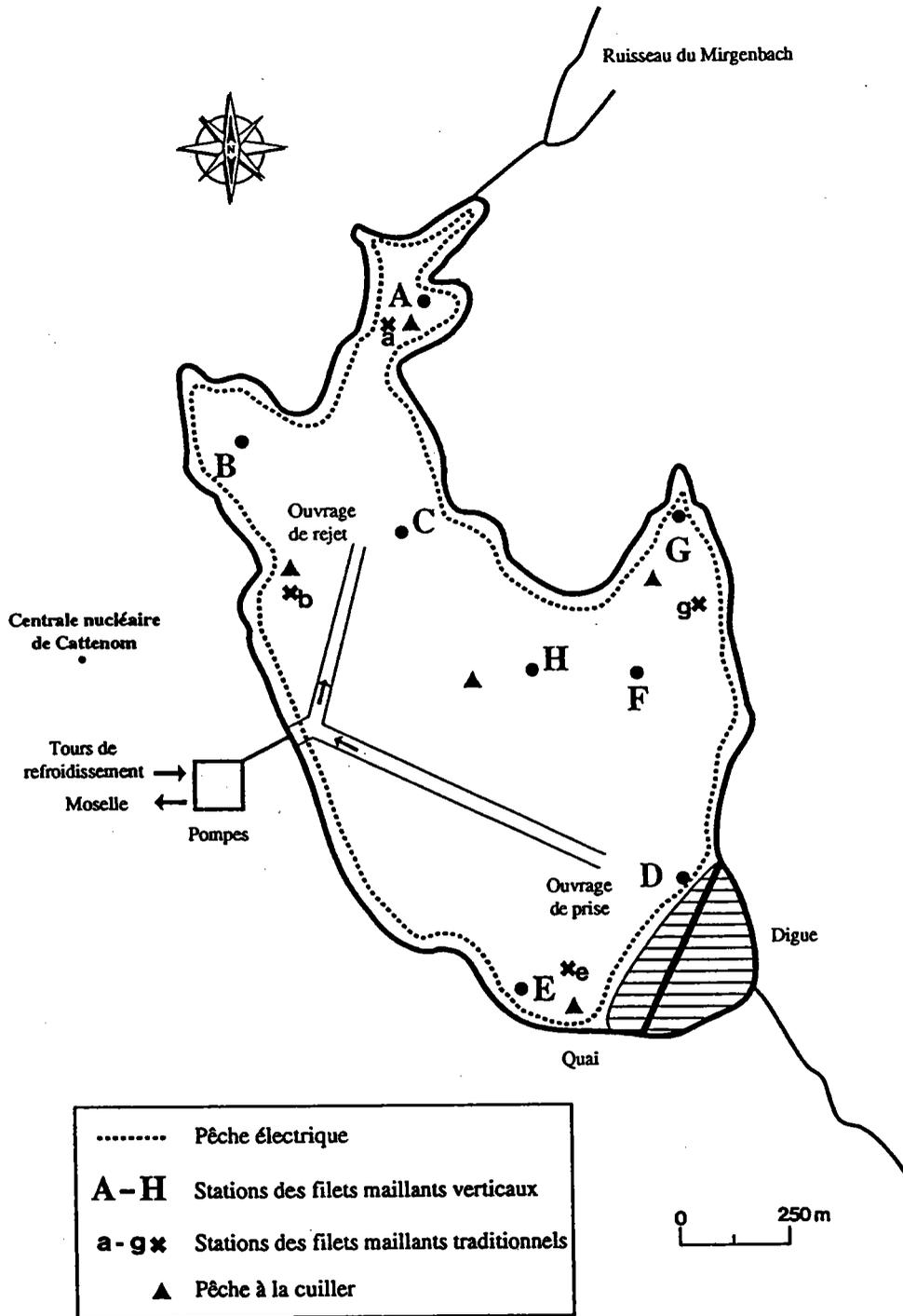


Figure 13: stations d'échantillonnage pour les campagnes de pêche

2.1.2. Choix des engins de capture

La présence de souches et d'arbres dans une grande partie du réservoir du Mirgenbach exclut l'utilisation de filets actifs pour estimer les densités et biomasses de poissons. D'ailleurs, l'emploi d'une senne multimailles (engin actif; Gerdeaux 1985) de 300 mètres de long manoeuvrée du rivage (halée à terre), a posé quelques difficultés. Il a donc fallu recourir à d'autres protocoles d'échantillonnage avec des engins passifs pour étudier la structure du peuplement piscicole. Tous les outils de sondage utilisés dans cette étude (nasses, filets maillants, pêches électrique et à la ligne) font partie de la Classification Statistique Internationale Type des Engins de Pêche (CSITEP) (Nedelec *et al.*, 1979). Le tableau VII récapitule le nombre de campagnes et les engins utilisés pour les pêches.

***Engins passifs**

Ce sont des systèmes fixes qui piègent le poisson qui se déplace. Deux types sont employés: les nasses et les filets maillants.

-Pièges : Une vingtaine de nasses cylindriques (tambours grillagés de mailles de 10 mm) tronconiques munies de goulets intérieurs sont utilisées. A chaque station (stations identiques à celles des paramètres physiques et chimiques), les nasses sont posées 24 heures consécutives sur 3 niveaux (surface, milieu et fond du réservoir). Cette méthode a été utilisée la première année car elle est considérée par certains auteurs comme facile d'emploi et donne de bons résultats pour la perche (Bagenal, 1970; Craig, 1975a; Le Cren *et al.*, 1977; Rask, 1983) malgré une faible reproductibilité des résultats rendant leur interprétation très difficile (Bagenal, 1972).

-Filets : Ces engins statiques sont constitués d'une nappe de filet en nylon monofilament. La ralingue supérieure est munie de flotteurs et le fond est légèrement lesté. Deux types sont utilisés:

Filets maillants traditionnels (FMT) : La technique d'échantillonnage au moyen de ces filets est décrite par Barbier (1985). A chaque campagne, 4 filets sont immergés en surface durant 1h 30 mn dans deux stations littorales (2 filets / station). La taille des mailles utilisées est de 20, 25, 30 et 40 mm, avec respectivement pour longueur (m) et hauteur (m): 20 et 0,8; 30 et 2; 40 et 2; 12,5 et 1,5. Les 4 stations retenues (a, b, e et g) sont prospectées en alternance d'une campagne à l'autre. La durée de pose est réduite afin d'éviter une trop grande mortalité des perches pêchées.

Filets maillants verticaux (FMV) : Ce sont des filets droits (fig. 14), à développement vertical, employés et recommandés par Guyard *et al.*, (1989), pour échantillonner l'ichtyofaune en milieu lacustre. Ils présentent l'avantage d'échantillonner les poissons dans l'ensemble de la colonne d'eau et d'indiquer la profondeur des

des captures. Il faut cependant préciser que cette technique avait déjà été utilisée par Bartoo *et al.* en 1973 (*in* Hamley, 1975).

Tableau VII: Calendrier des pêches sur le réservoir du Mirgenbach de 1987 à 1991

Campagnes	Engins de capture utilisés
février mars avril mai juin juillet juillet août septembre octobre novembre décembre	1987 nasses nasses nasses-filets maillants traditionnels nasses-filets maillants traditionnels nasses-filets maillants traditionnels nasses-filets maillants traditionnels pêche électrique filets maillants traditionnels filets maillants traditionnels filets maillants traditionnels filets maillants traditionnels filets maillants traditionnels
février mars avril mai juin juillet septembre octobre décembre	1988 filets maillants traditionnels filets maillants traditionnels filets maillants traditionnels filets maillants traditionnels filets maillants traditionnels pêche à la ligne pêche à la ligne pêche à la ligne pêche à la ligne
mars avril mai juin juillet août septembre octobre novembre décembre	1989 filets maillants traditionnels pêche à la ligne pêche à la ligne pêche à la ligne filets maillants traditionnels filets maillants traditionnels pêche à la ligne filets maillants traditionnels pêche à la ligne pêche électrique-f.m.traditionnels
janvier février mars mai juin août octobre novembre	1990 pêche à la ligne pêche à la ligne pêche à la ligne-f.m.traditionnels filets maillants traditionnels filets maillants traditionnels filets maillants traditionnels pêche à la ligne-f.m.verticaux filets maillants verticaux
février mars juin octobre	1991 filets maillants verticaux filets maillants traditionnels filets maillants verticaux filets maillants verticaux

La largeur des filets est de 2,5 m quelle que soit la maille. Latéralement, un métrage sur les ralingues permet de repérer la profondeur des prises. Contrairement aux filets maillants classiques, les surfaces des filets de maille carrée différente sont équivalentes pour une station de profondeur donnée.

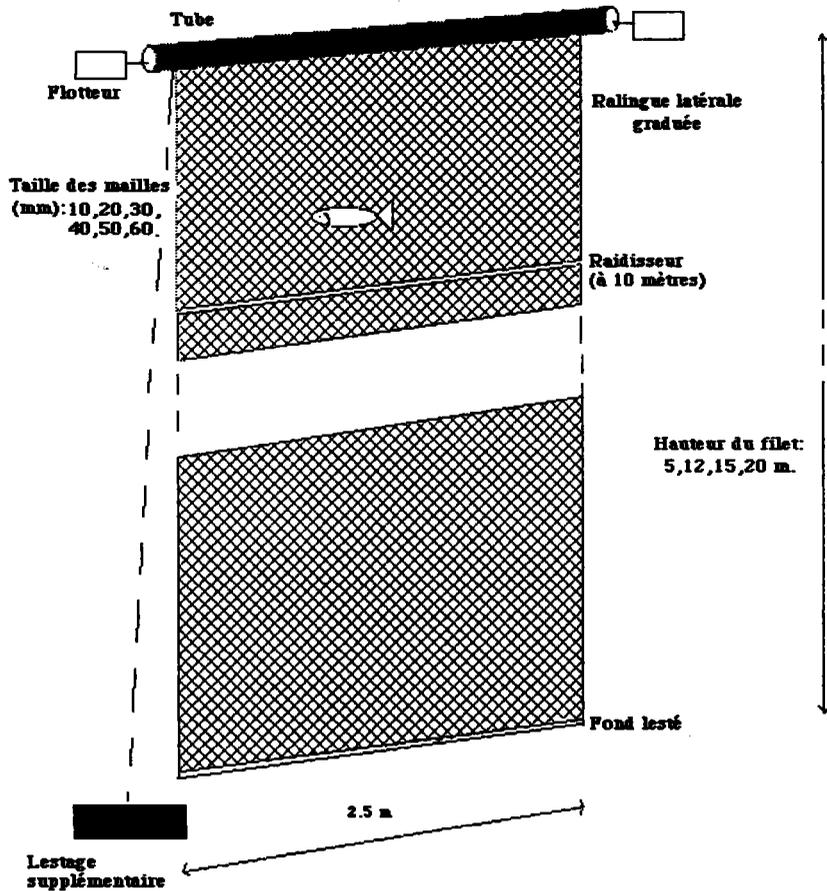


Figure 14: Schéma d'un filet maillant vertical. La mise en oeuvre de cet engin de capture se fait par bateau.

En 1990 et 1991, les huit stations étudiées (A à H) varient de 5 à 20 m de profondeur (4 de 5 m ; 2 de 12 m ; 1 de 15 m et 1 de 20 m). Dans chaque station, une série de 6 filets de mailles différentes est posée pour une durée de 48 h consécutives; un relevé intervient toutes les 24 h. Le délai nécessaire à l'installation de cette série de filets et au démaillage des poissons capturés ne permet pas d'échantillonner simultanément les poissons dans plus de 3 stations au cours d'un même cycle de 48 h. En conséquence, une campagne de pêche saisonnière s'échelonne sur 3 semaines et l'intervalle de temps adopté entre 2 campagnes varie de 3 à 4 mois.

En complément, de juillet 1992 à février 1993, 4 des 8 stations (A, C, F et G) sont prospectées lors de 6 campagnes complémentaires selon un intervalle de temps bimestriel. Chaque campagne s'échelonne sur une période maximale de 2 semaines. L'effort de pêche est réduit de 48 à 24 h.

***Engins actifs**

Ce sont les procédés de capture qui agissent par déplacement. L'engin de pêche recherche activement le poisson.

-Pêche électrique (PE) : L'engin utilisé est un appareil de type "Héron" (Gosset, 1976). Cette pêche s'est déroulée lors de deux campagnes de 2 heures sur les rives du réservoir avec la participation du Conseil Supérieur de la Pêche.

-Pêche à la ligne (PL) : Cette méthode active est orientée vers la capture des carnassiers, dont la perche (*Perca fluviatilis* L.). Il s'agit donc d'un engin de pêche très ciblé. Elle s'est déroulée en majorité le long des berges du réservoir et dans une station pélagique au centre du Mirgenbach. L'appât artificiel utilisé est la cuiller tournante. La période d'échantillonnage dure environ 4 heures pour 4 pêcheurs.

Les captures par unité d'effort sont indiquées dans le paragraphe 2.3.2.

2.2. Méthodes d'étude de la sélectivité des filets maillants

2.2.1. Calcul de la sélectivité

La sélectivité d'un filet maillant correspond à la probabilité de capture des poissons qui heurtent l'engin de pêche et elle est fonction de la taille du poisson, de sa forme, de son comportement (mobilité) et de la taille des mailles; mais elle dépend également des caractéristiques du filet (épaisseur, couleur, élasticité (Hamley, 1975)). Ces filets présentent deux types de sélectivité. La sélectivité interspécifique est la propriété de capturer une espèce plutôt qu'une autre. Elle dépend de l'emplacement du filet : il ne capturera que les espèces vivant dans la hauteur d'eau où il opère. La sélectivité intraspécifique est fonction de la maille utilisée agissant sur la taille des poissons. La sélectivité des filets maillants vis-à-vis de la perche a été étudiée par différents auteurs comme Hamley (1975), Linlokken (1984), Jensen (1986), Van densen (1987), Jensen (1990), Jamet (1991), Gerster (1995).

Nous avons utilisé le modèle de Holt (1963) pour décrire l'indice de sélectivité relative S_r (proportion d'individus d'une taille n d'une population, susceptible d'être capturés par un filet de maille m) des différentes classes de taille échantillonnées de la perche. Cet indice de sélectivité est calculé à partir de la relation:

$$S_r(L) = e^{-((L-L_m)^2 / 2 \cdot \sigma^2)}$$

S_r : sélectivité relative

L : taille de capture

L_m : taille optimale de capture pour une maille donnée

σ : écart-type

Les courbes de sélectivité ont été établies en 1987 et en 1991 respectivement avec les FMT (mailles de 20, 30, 25 et 40 mm) et les FMV (mailles de 10, 20 et 30 mm) pour 3 raisons: c'est à ces périodes que les effectifs récoltés étaient les plus importants et pour un engin donné, l'effort de pêche est identique et est déployé au même moment de l'année et au même endroit. La méthode est basée sur la comparaison des captures de perche de classes de taille j (C_{2j} et C_{1j})⁹ de 2 filets de vide de maille successifs m_2 et m_1 . L'intervalle choisi pour les classes de taille est de 1 cm. Par exemple, les individus compris entre 11,6 et 12,5 cm font partie de la classe de taille 12 cm; le centre de classe est donc de 12 cm.

$$C_{2j}/C_{1j} = e^{-((L_j - L_{2o})^2 / 2 \cdot \sigma^2)} / e^{-((L_j - L_{1o})^2 / 2 \cdot \sigma^2)}$$

Après transformation logarithmique, on obtient:

$$\ln(C_{2j}/C_{1j}) = ((L_{2o}^2 - L_{1o}^2) + ((L_{1o} - L_{2o}) / \sigma^2) \cdot L_j$$

$$\ln(C_{2j}/C_{1j}) = bL_j + a$$

$$\text{avec } k = -2a / b(m_1 + m_2)$$

$$\sigma^2 = 2a(m_1 - m_2) / b^2(m_1 + m_2)$$

Dans le cas où les filets employés sont impairs, le filet médian est utilisé 2 fois (Van Densen, 1987). C'est le cas des FMV. Conformément également à cet auteur, nous considérons que les tailles des perches en dessous de $S_r = 0,5$ (L 50% de sélection) ne sont pas capturées et qu'au dessus, elles sont totalement vulnérables au filet.

2.2.2. Structure des populations disponibles par classes de taille

La structure des populations de perche en 1987 et en 1991 a été reconstituée à partir des captures réelles en fonction du coefficient de sélectivité correspondant. Les captures par classes de taille s'obtiennent par la formule suivante (Hamley & Regier, 1973):

$$S_{ij} = C_{ij} / X_i N_j$$

⁹ liste des symboles utilisés:

C_{ij} : nombre de poissons de classes de taille j capturé par le filet de maille i

L_i : longueur du poisson de la classe de taille j

L_o : taille optimale de capture

L_{1o} : taille optimale de capture du premier filet

L_{2o} : taille optimale de capture de deuxième filet

N_j : nombre de poissons disponibles de classes de taille j dans la zone échantillonnée

S_{ij} : coefficient de sélectivité du filet de maille i sur la classe de taille J .

X_i : effort de pêche avec le filet de maille i

k : facteur de sélectivité pour une maille donnée

σ^2 : variance

L'effort de pêche est constant pour chaque filet maillant et pour chaque campagne; la valeur de Σ est donc égale à 1 (Hamley & Régier, 1973).

$$\text{d'où } N_j = C_{ij} / S_{ij}$$

2.3. Méthodes d'étude de l'abondance totale, des variations d'abondance et de la structure du peuplement

2.3.1. Méthode de capture-recapture

L'estimation d'un stock de poissons à partir de cette méthode a débuté avec les travaux de Petersen (1896) et Dahl (1909). Kipling & Le Cren (1984) et Guti (1992) ont utilisé cette méthode pour estimer la densité de la perche. Cette technique permet également d'évaluer la mortalité naturelle de la population et de visualiser le déplacement de l'espèce au sein de son milieu.

Les campagnes de marquage et de recapture se sont déroulées d'avril 1987 à octobre 1990 ($N = 1303$). Ce chiffre semblait a priori suffisant puisque d'autres auteurs comme Jamet (1991) ont marqué 807 perches pour estimer son stock dans le lac d'Aydat ($S : 60,3 \times 10^4 \text{ m}^2$; Profondeur max. : 15,5 m; Profondeur moy. : 7,4 m; Volume : $4,14 \times 10^6 \text{ m}^3$). Le choix d'un type de marque dépend de sa tenue sur le poisson et surtout elle ne doit pas gêner l'animal dans son comportement (Lasserre, 1976). Elle doit être repérable par tous les pêcheurs (amateurs et professionnels). Dans notre étude, nous avons utilisé les marques operculaires PRESADOM. Ces marques se présentent sous la forme d'une lame métallisée repliée sur elle-même. La taille de la marque varie suivant le calibre du poisson. Lorsque la taille de la perche varie entre 10 et 17 cm, la marque operculaire n°1 est employée; le calibre n°2 pour des classes de tailles supérieures à 17 cm. Les marques sont serties à l'aide d'une pince autour de l'opercule du poisson. Les poissons sont relâchés à l'endroit de la capture. La mortalité inhérente aux manipulations et marquages n'a pas pu être appréciée à l'occasion des campagnes de captures. Cependant, lors d'une expérience d'élevage de la perche en aquarium, tous les individus ont été marqués à l'opercule avant leur déversement. Le taux de mortalité immédiat (au bout de 24 heures) dû à la manipulation et au marquage était de 14 %. Au terme de 2 mois, ce taux s'est élevé à 42 %; aucune mortalité n'est intervenue par la suite. Le taux de perte des marques s'est élevé à 36 %.

2.3.2. Indices de variation d'abondance

Ces indices sont calculés à partir des captures des filets maillants classiques et verticaux. Les captures par unité d'effort (CPUE) sont exprimées en nombre de perches capturées $\times 100/\text{m}^2/\text{heure}$. Pour les campagnes complémentaires en 1991 à 1993, les CPUE sont exprimées en nombre de perches capturées par les 6 filets pendant 24 heures.

2.3.3. Analyse multivariée

Afin d'établir plus finement la répartition des espèces piscicoles au sein du réservoir (établie sur tout le cycle annuel et non en fonction des saisons), il nous a semblé important de commencer par une étude indépendante des structures du milieu, ce que suggère Pialot (1985). La mise en évidence des liaisons entre les variables décrivant le réservoir du Mirgenbach nous donne une idée des contraintes qu'impose ce milieu. Une analyse factorielle des correspondances multiples (AFCM), souvent employée pour la typologie des systèmes aquatiques a donc été réalisée sur une matrice des 8 stations étudiées lors des campagnes de pêche aux filets verticaux x 10 variables modales de description du milieu qui sont:

Profondeur de l'eau (3 modalités)

pro 1: comprise entre 0-5 mètres
 pro 2: comprise entre 6-12 mètres
 pro 3: comprise entre 13-20 mètres

Typologie des rives les plus proches (3 modalités)

typ 1: rive nue
 typ 2: enrochement
 typ 3: couvert végétal

Distance au rejet (3 modalités)

dir 1: < 100 mètres
 dir 2: 100 < comprise < 350 mètres
 dir 3: > 350 mètres

Distance à la prise (3 modalités)

dip 1: < 250 mètres
 dip 2: 250 < comprise < 450 mètres
 dip 3: > 450 mètres

Distance à la rive la plus proche (3 modalités)

riv 1: < 30 mètres
 riv 2: 30 < comprise < 80 mètres
 riv 3: > 80 mètres

Substrat des rives (3 modalités)

sub 1: vases
 sub 2: grossier
 sub 3: roches

Cornes ou anses (3 modalités)

cor 1: absence de corne
 cor 2: corne en amont du rejet
 cor 3: corne en aval du rejet

Souches (en présence-absence)

sou 1: absent
 sou 2: présent

Vents d'Ouest (en présence-absence)

vo 1: absence
 vo 2: présence

Vents Nord-Est (en présence-absence)

ve 1: absence
 ve 2: présence

Dans un deuxième temps, il s'agit d'étudier la distribution des espèces piscicoles selon les structures obtenues. La projection illustrative des résultats des captures au

moyen des filets verticaux (et non pas sur les captures regroupant l'ensemble des échantillonneurs) des poissons les plus rencontrés, permet d'aborder cette problématique. Techniquement, la localisation de ces variables continues illustratives se fait par calcul des corrélations avec les axes, avec la même interprétation qu'en analyse en composantes principales.

L'ensemble de l'analyse multivariée est réalisé avec le logiciel SPADN-N 2.0.

2.4. Acquisition des données

2.4.1. Sur le site

Toutes les perches capturées au moyen de la pêche aux filets maillants traditionnels, à la ligne et à la pêche électrique, sont anesthésiées, pesées, mesurées et marquées à l'issue de chaque pêche.

La fragilité de la perche ainsi que sa sensibilité vis-à-vis de la manipulation après sa capture impliquent l'emploi d'un anesthésiant. Nous avons utilisé l'éthylène-glycol-monophényl-éther (0,5 ml par litre d'eau).

Une fois le poisson immobilisé, les données morphométriques sont acquises. A l'aide d'une règle, la longueur totale est mesurée (exprimée en cm (± 1 mm)). La pesée s'est effectuée les 3 premières années sur une balance Analis munie d'un panier où le poisson est introduit. Par la suite, nous avons employé une balance SARTORIUS (± 1 g).

Une dizaine d'écaillés sont prélevées au moyen d'une pince fine entre les deux nageoires dorsales de la perche, au dessus de la ligne latérale, en vue de la détermination de l'âge. Les perches stressées ou affaiblies par les manipulations et par le prélèvement d'écaillés, seront à la merci d'infections et d'infestations. Après le marquage individuel, le poisson subit une balnéation dans une solution vert malachite-formol (5 ml de mélange dans 10 litres d'eau: 40 mg de vert malachite + 8 ml de formol 30% + 90 ml d'eau distillée) qui permettra à l'individu, après sa libération, d'éviter ou de limiter un développement fongique, bactérien ou viral et également d'empêcher l'infestation par les parasites Protozoaires (Leteux & Meyer, 1972).

2.4.2. Au laboratoire

Les poissons congelés après la pêche aux filets maillants verticaux (fin 1990 et 1991) sont pesés et mesurés. Les perches sont ensuite éviscérées et pesées (± 1 g). Les organes reproducteurs, l'appareil digestif et le foie sont pesés séparément ($\pm 0,01$ g) et conservés pour l'étude de la biologie.

Remarque: les échantillons de perches capturées aux filets maillants verticaux sont congelés. D'après Treasurer (1990), la congélation cause une réduction minime de la longueur et du poids chez la perche ainsi que chez le brochet, mais les différences ne sont pas significatives dans les relations biométriques par rapport aux animaux frais.

3. Méthodes d'analyse démographique

3.1. Age et croissance

L'étude de la croissance des poissons consiste à suivre l'évolution de leur taille (poids et longueur) dans le temps (âge). Les données requises sont donc la taille et l'âge des individus. Ces points permettent d'ajuster un modèle.

3.1.1. Estimation de l'âge

*** Rappel des principales techniques utilisées pour la perche**

Les structures osseuses de bon nombre d'espèces s'accroissent avec l'âge par addition de nouvelles zones annulaires, plus ou moins individualisées (Vibert & Lagler, 1960). Ces zones caractéristiques marquées dans le tissu osseux sont dues à des rythmes saisonniers de croissance plus marqués dans les régions tempérées. Le phénomène de zonation s'observe souvent dans l'os primaire de nombreux poïkilothermes (Osteichthyens, Amphibiens, Reptiles) et il a été utilisé par divers auteurs comme critère de détermination de l'âge des animaux (Castanet *et al.*, 1970).

Les principales structures osseuses utilisées pour la détermination de l'âge des poissons et notamment des perches sont les suivantes:

- les écailles: Hoffbauer (1898); Dahl (1909); Lea (1910); Lee (1920); puis Craig (1987); Jamet (1991) etc...
- les opercules: Le Cren (1947); Mann (1978); Hoestlandt & Rudelle (1979); Gerdeaux & Champigneulle (1983); Goubier *et al.* (1983); Lang & Lang (1983); etc...

***Principe de la lecture de l'écaille et de l'opercule**

- **Scalimétrie** : Cette technique est fréquemment employée en raison des facilités de prélèvement et de préparation. Sur l'écaille, une croissance rapide se traduit par des circuli espacés et donc une bande claire. Lorsque la croissance ralentit (généralement en période de ralentissement métabolique en hiver), les circuli se rapprochent et forment un anneau plus foncé appelé *annulus*. Lors de l'examen, l'âge nous est donné par le comptage de ces annuli. On parle également de cerne ou d' "hiver-écaille". La présence d'une reprise de croissance est notée (+) derrière le groupe d'âge de l'individu (exemple: 1⁺). Dans le réservoir du Mirgenbach, si la température reste élevée toute l'année, il peut exister des doutes liés au gommage du ralentissement de croissance pour l'espèce. Cela pourra poser des difficultés dans la lecture de l'âge car l'*annulus* peut être illisible.

La scalimétrie chez la perche fait souvent l'objet de réserves puisque l'on considère que cette observation n'est pas assez sûre. Cependant, divers auteurs (Craig, 1987; Jamet, 1991) ont maîtrisé cette technique avec succès. Certains auteurs (comme Baglinière & Le Louarn (1987)) considèrent des limites dans cette lecture. Dans les régions où les saisons sont peu marquées, la croissance est pratiquement continue et les *annuli* se lisent très mal. Dans les milieux où la croissance est faible, l'anneau hivernal ne peut plus se former sur les écailles des individus âgés d'au moins 5 ans. Des causes d'erreur peuvent être attribuées aux faux-anneaux ou "*check*". Ces anneaux sont mis en place lors de chocs physiologiques: le stress des captures, les changements de milieu, les variations alimentaires, la reproduction etc... Il existe également des écailles régénérées où les ostéoblastes se disposeront au départ en désordre avant de reprendre leur régularité. A la place du nucleus, il existe une vaste zone nucléale agrandie, ayant l'aspect grumeleux; cette zone correspond à la partie régénérée lors de la chute de l'ancienne écaille: l'écaille de remplacement ne marque pas toutes les étapes de la croissance du poisson.

- **Operculométrie** : D'après Le Cren (1947), l'opercule de perche (fig. 15) a 4 zones distinctes: un bord externe convexe, une partie postérieure possédant les *annuli*, une partie dorsale, une partie antérieure articulée avec le crâne. Cette méthode de lecture de l'âge est bien appréciée des biologistes mais nécessite le sacrifice du poisson. L'opercule montre des bandes annuelles; les bandes sombres correspondent à une bonne croissance et les bandes claires aux arrêts de croissance. Il existe également des erreurs de lecture pour les opercules en confondant les fausses bandes avec les vraies bandes d'arrêt de croissance.

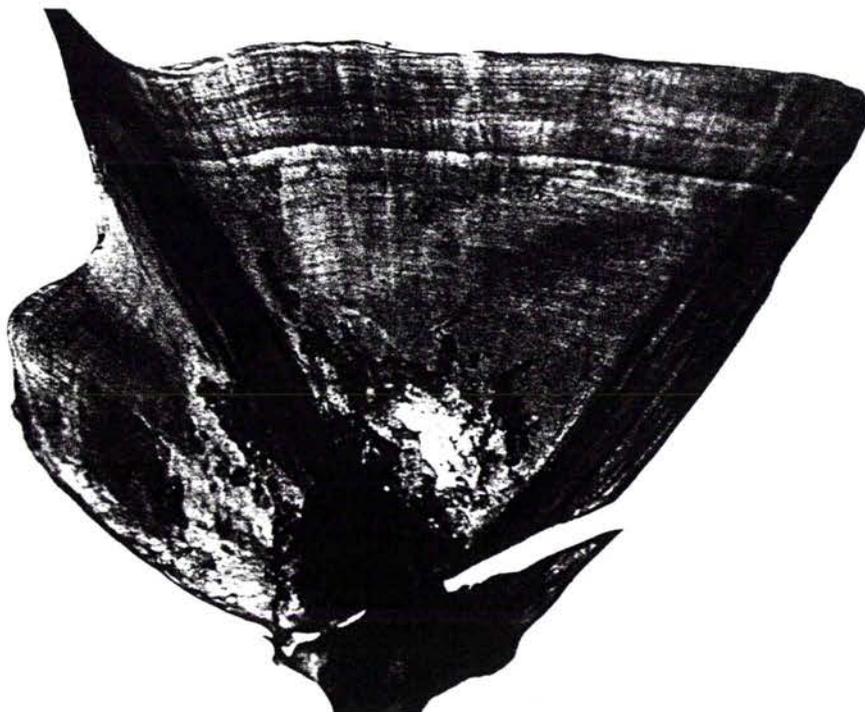


Figure 15: Opercule de perche; Réservoir du Mirgenbach.

Afin d'avoir la lecture la plus juste possible, nous avons procédé aux deux types d'observation : scalimétrique et operculaire pour 151 perches issues des captures en 1991 et prises au hasard dans l'échantillon. La différence entre les sexes n'est pas réalisée. L'intérêt est de vérifier la scalimétrie en comparant les résultats obtenus par ces 2 méthodes.

***Préparation et observation des pièces osseuses**

- **Ecailles** : Une dizaine d'écailles pour chaque perche (N perches = 817 soit 8170 écailles observées) est nettoyée dans une solution de peroxyde de sodium à 5% (un bain de potasse peut également être utilisé). Puis les écailles sont rincées dans 2 bains successifs d'eau distillée. Elles sont ensuite séchées et placées dans un lecteur de microfiches muni d'un agrandisseur (G x 13,3)¹⁰. Sur l'écaille, nous pouvons repérer aisément un noyau correspondant au centre de l'écaille et des stries de croissance ou *circuli* attestant de la croissance ainsi que les *annuli*. Pour chaque poisson, toutes les écailles prélevées sont observées. Seule la meilleure écaille est retenue (N écailles = 817) pour la lecture (critères : meilleur aspect, meilleure visibilité des *circuli*). Le rayon de l'écaille est mesuré toujours dans la même direction jusqu'au bord marginal ainsi que jusque chaque *annulus* observé.

- **Opercules** : Les 2 opercules sont prélevés, nettoyés dans un bain d'eau très chaude puis séchés (N perches = 151). Ils sont lus dans le même lecteur de microfiches (G x 25) utilisé pour les écailles. Le centre de la pièce osseuse utilisé est celui préconisé par Le Cren (1947) qui prend comme centre l'origine du milieu de la partie antérieure. Nous retenons le meilleur opercule pour l'observation. La distance du centre jusqu'à chaque bande claire est mesurée ainsi que celle du centre jusqu'au bord marginal de l'opercule.

***Période d'apparition de l'anneau d'arrêt de croissance**

Il s'agit de calculer la marge relative ou l'accroissement marginal relatif M défini par:

$$M = [(Re - Rn)] / Re] \cdot 100$$

Re est le rayon total de l'écaille

Rn est la distance entre le nucleus et le dernier anneau formé

Lorsque Rn tend vers Re, M tend vers 0. Cela signifie qu'un nouvel anneau vient de se former (Jamet, 1991). Cela permet de vérifier quel est le nombre d'anneaux d'arrêts de

¹⁰ Afin d'améliorer la lecture de l'âge au niveau des écailles, des échantillons de ces pièces osseuses ont été envoyés à l'observatoire océanologique de Villefranche sur mer pour un traitement d'images sur ordinateur. Le logiciel utilisé "Calcif" (Laval & Planes, 1991) n'a pas donné de résultats satisfaisants. Cette manipulation a donc été stoppée et c'est sur le lecteur à microfiches que la lecture a été effectuée. Cependant Panfili (1992) a mis en oeuvre un outil de lecture automatique (analyse d'images) sur des otolithes d'anguilles (*Anguilla anguilla*) qui a montré les possibilités de cette technique.

croissance de l'année; en suivant les variations mensuelles de M et pour chaque classe d'âge, nous pouvons mettre en évidence les arrêts. Cette méthode est utilisée pour éviter de considérer des faux arrêts de croissance (*check-rings*) à la place des vrais.

***Le rétro-calcul**

L'étude de la droite de régression entre la taille du poisson et la taille de l'écaille (Lea, 1910; Lee, 1912) montre l'existence ou non d'une bonne corrélation entre ces deux variables. Puis, avec les données obtenues par l'observation des pièces osseuses, nous pouvons procéder au rétro-calcul. Cela permet de déterminer la longueur du poisson aux différents âges. Le rétro-calcul consiste à établir une relation empirique entre la croissance des structures osseuses et la croissance en longueur du poisson. Grâce à cette méthode, nous pouvons retracer *a posteriori* la croissance de l'animal.

Connaissant la longueur totale du poisson à la capture, la distance entre le *nucleus* et le bord de l'écaille ainsi que la distance entre le *nucleus* et les différents *annuli*, on peut déduire les longueurs des poissons correspondantes aux différents *annuli*.

Cette méthode proportionnelle directe utilise la formule suivante:

$$L_t = L \cdot R_t / R_e$$

L_t est la longueur du poisson au temps t

L est la longueur totale du poisson à la capture

R_t est la distance entre le *nucleus* et l'*annulus* formé à l'âge t de l'écaille

R_e est la distance entre le *nucleus* et le bord de l'écaille

3.1.2. Modèles de croissance

***Principe**

Cette analyse doit permettre d'établir à partir des longueurs mesurées, un modèle de croissance âge-longueur aussi précis que possible.

Nous avons choisi le modèle de Von Bertalanffy (1938) qui est le plus utilisé en ichtyologie et sert de véritable référence en biologie halieutique (Moreteau, 1985).

***Croissance linéaire**

L'expression mathématique du modèle de Von Bertalanffy (1938) qui met en relation l'âge du poisson avec sa longueur est la suivante:

$$L_t = L_{\infty} \cdot [1 - e^{-k \cdot (t-t_0)}]$$

L_t est la longueur au temps t

L_{∞} est la taille asymptotique

k est le taux de croissance

Ces paramètres sont calculés à partir des valeurs rétro-calculées par classes d'âge.
to est le facteur de calage du modèle tel que, pour une taille d'origine (L_0), t-to soit nulle.

- **Relation taille-poids** : L'étude des relations entre la longueur et le poids présente un double intérêt : un intérêt pratique pour déduire des poids d'individus dont seule la longueur est connue et un intérêt biométrique pour interpréter les changements de forme d'un animal. La corrélation entre la masse (W) et la longueur totale (L) de l'individu est une relation d'allométrie du type :

$$W = aL^b$$

W et L sont le poids et la longueur mesurés sur un même individu.

a: constante

b: coefficient d'allométrie

Par transformation logarithmique, cette relation se linéarise et devient:

$$\log W = \log a + b \log L$$

a et b varient en fonction des espèces, des saisons, des variations individuelles (âge, sexe, maturité, régime alimentaire).

Le coefficient b est logiquement proche de 3. Si $b < 3$, la taille augmente plus rapidement que la masse et inversement si $b > 3$, on dit qu'il y a allométrie majorante. Si $b = 3$, il y a isométrie; la forme ne change pas. Cet indice de forme reflète l'état nutritionnel et donc les conditions d'environnement trophique et l'état physiologique.

En résumé, comme l'indique Mouneimne (1981), le poids, dans chaque classe de taille, est tributaire des conditions du milieu extérieur et de l'état physiologique des animaux.

- **Facteur de condition K** : Les poissons peuvent présenter des différences individuelles: forme arrondie (due à une bonne alimentation ou à la période de reproduction pour les femelles), forme efflanquée (animal à jeun), etc... L'étude de ce coefficient permet de suivre les variations mensuelles et saisonnières de la corpulence des perches. Le calcul se fait par sexe et par classe d'âge. Le coefficient composite de condition est le plus souvent utilisé (Masson, 1987; Jamet, 1991). Il est calculé selon la formule:

$$K = 100 \cdot W / L^3$$

W est le poids (g)

L est la longueur totale (cm)

Nous calculons également K_1 qui considère le poids éviscéré de l'animal; cela ne prend alors en compte que des variations somatiques.

***Croissance pondérale**

En relation avec les courbes de croissance linéaire et la relation taille-poids, nous pouvons également définir la croissance pondérale. Elle s'exprime aussi par l'équation de Von Bertalanffy (1938):

$$W_t = W_{\infty} \cdot [1 - e^{-k \cdot (t - t_0)}]^b$$

W_t est le poids à l'âge t

W_{∞} est la masse asymptotique

b est le coefficient d'allométrie de la relation taille-poids; k et t_0 sont ceux calculés de l'équation de la croissance linéaire.

3.2. Reproduction

A l'issue des pêches en fin d'année 1990 et en 1991, les perches sacrifiées ($N=360$) sont disséquées et leurs appareils reproducteurs prélevés. Les gonades et le foie sont pesés après décongélation afin d'étudier leur développement à l'aide des rapports gonado-somatiques (RGS) et hépato-somatiques (RHS). Cependant, c'est en observant plus finement l'état de maturation des gonades que l'on peut déterminer les différentes phases du cycle de reproduction (stades de maturité et gamétogenèse). L'étude de la reproduction est complétée par l'analyse de la fécondité et des taux de masculinité et par la recherche des frayères dans le réservoir.

3.2.1. Rapport gonado-somatique (RGS) et rapport hépato-somatique (RHS)

Bougis (1952) *in* Masson (1987) définit le RGS comme "le poids des gonades en pourcentage du poids du corps".

Le rapport gonado-somatique est calculé comme suit:

$$RGS = \text{Poids des gonades (g)} \cdot 100 / \text{Poids du corps (g)}$$

Pour le calcul de cet indice, on peut préférer le poids éviscéré du corps pour éviter d'avoir les variations saisonnières des gonades et du tube digestif. La plupart des pesées effectuées correspondent au poids total de l'animal, c'est donc ce dernier que nous utiliserons. Le rapport RGS permet de caractériser l'importance pondérale des gonades; son évolution traduit les différentes étapes de la maturation des gonades.

Le rapport hépato-somatique permet de suivre l'évolution de la masse hépatique. Il est calculé selon la formule:

$$\text{RHS} = \text{Poids du foie (g)} \cdot 100 / \text{Poids du corps (g)}$$

3.2.2. Apparences externes des gonades lors de la maturation

Perca fluviatilis présente une reproduction cyclique imposant à la gonade des modifications morphologiques et structurales. Craig (1987) décompose le développement des gonades des perches mâles et femelles en 8 étapes. Les différents stades sont:

- immature, le sexe n'est pas identifiable (gonade transparente et en forme de filament) (stade 1);
- début de la maturation (organe reconnaissable très petit, translucide) (stade 2);
- début du développement (organe occupant la moitié du volume de la cavité abdominale, présence de capillaires sanguins) (stade 3);
- fin du développement (gonade occupant les 3/4 du volume de la cavité abdominale; couleur rouge-blanc pour le mâle, ovocytes clairement visibles pour les femelles) (stade 4);
- gravide (gonade occupant tout le volume de la cavité abdominale) (stade 5);
- expulsion des produits génitaux par simple pression abdominale et ponte (stade 6);
- gonades vides (stade 7);
- repos sexuel (stade 8).

Nous avons simplifié à 6 le nombre de ces stades : immatures (stades 1 et 2), début de l'évolution sexuelle (stade 3), pré-ponte (stades 4 et 5), ponte pour les femelles et émission pour les mâles (stade 6), post-ponte (stade 7) et repos sexuel (stade 8). Ces regroupements ont été effectués car les prélèvements ne sont pas mensuels mais répartis selon les saisons sur un cycle annuel; mais également pour cause d'effectif faible de perches pour certains stades.

3.2.3. Gamétogenèse; étude histologique (d'après Craig, 1987)

L'examen microscopique des gonades de poissons Téléostéens permet de suivre l'ovogenèse et la spermatogenèse par des techniques histologiques.

*Ovogenèse

Les différentes étapes se déroulent comme suit:

-Stade ovaire immature (stades 1 et 2):

Ovogonies : Ce sont des cellules petites (24 μ) avec un noyau sphérique. Il existe 1 à 2 nucléoles en périphérie.

Ovocytes I (primaire) : Le noyau est volumineux par rapport à l'ensemble de la cellule. L'ovocyte (60 μ), de forme arrondie, est entouré d'une mince membrane cellulaire.

Ovocytes II : Une deuxième enveloppe entoure la membrane cellulaire. Le cytoplasme est plus clair. L'ovocyte augmente de taille (200 μ). Il y a apparition de la membrane folliculaire. Le noyau ne change pas d'aspect.

-Stade ovaire en début d'évolution sexuelle (stade 3):

Ovocytes III : L'ovocyte augmente de volume (240 μ). Le cytoplasme a un aspect vacuolaire. Il existe des grains de vitellus dans le cytoplasme. Le noyau augmente de taille. Il y a apparition de la *zona radiata* et de la thèque ovocytaire (la plus externe formée de cellules aplaties).

Ovocytes IV (500 μ): Les grains de vitellus sont plus grands et sont séparés par des lacunes vacuolaires. La *zona radiata* marque un épaissement et montre des striations.

-Stade ovaire en pré-ponte et ponte (stades 4 à 6): Ovocytes V (1000 μ): La taille de la cellule est maximale avec un cytoplasme à la périphérie. Les différentes membranes sont très épaisses.

-Stade ovaire en post-ponte (stade 7): Atrésie ou ovocyte atrétique: ultime stade de développement des ovocytes. Celui-ci se désagrège, le noyau disparaît et le vitellus se transforme en gouttelettes dans le cytoplasme. Il n'y a plus de membrane cellulaire. Des cellules folliculaires, les phagocytes, envahissent l'intérieur des ovocytes pour en digérer les composants.

***Spermatogenèse**

Les différentes étapes sont les suivantes:

-Spermatogonies : Ce sont de grosses cellules à gros noyaux en position centrale avec 1 ou 2 nucléoles. Ces cellules sont à la surface du cyste juste sous l'enveloppe la plus externe.

-Spermatocytes I : Les cellules sont petites. Le cytoplasme se présente sous forme d'une mince auréole entourant le noyau central. Ce dernier a une membrane nucléaire soulignée.

-Spermatocytes II : Les cellules sont plus régulières. Le noyau est en position légèrement excentrée. La membrane nucléaire n'est plus visible. La membrane cellulaire est apparente.

-Spermatides: La forme est ovale ou ronde. Les cellules sont petites et nombreuses. Le cytoplasme est très réduit.

-Spermatozoïdes: Il n'y a pas de cytoplasme visible, le flagelle est apparent. Les cellules sont très nombreuses.

3.2.4. Méthodologie

***Stades de développement**

L'observation macroscopique des gonades lors de la maturation, établie à partir d'un sous-échantillonnage (N= 360) en 1990-1991, est réalisée en fonction de la taille de l'individu.

Chaque gonade est observée pour identifier le stade de maturation. Certaines gonades sont fixées dans du formol neutralisé à 10% puis conservées dans une solution de formaldéhyde à 4%.

***Examen microscopique: histologie**

Les testicules et les ovaires prélevés après l'examen macroscopique sont fixés dans du liquide de Bouin Hollande (Ganter & Jolles, 1970). Après une fixation de 48 h, ils sont placés dans de l'alcool à 70° et soumis ensuite aux opérations pour l'histologie (Martoja & Martoja, 1967):

- déshydratation-inclusion
- coupe dans la paraffine
- coloration au Van Gieson

Les lames sont ensuite observées au microscope; quelques photos sont également réalisées.

3.2.5. Période et zone de frai

Nous avons pour les années 1989, 1990 et 1991 repéré la fraie et essayé de déterminer les différents lieux de ponte de la perche. Les rives ont été minutieusement observées à l'époque correspondante. En général, la transparence de l'eau est de 50 cm en été et de 2 m en hiver dans le réservoir du Mirgenbach (mesures faites avec le disque de Secchi).

3.2.6. Taille et âge de première maturité

La L50 correspond à la longueur pour laquelle 50% des individus d'une population sont sexuellement mûrs. La maturité sexuelle est déterminée graphiquement quand le RGS dépasse un certain pourcentage (1 à 1,5 %). L'observation, macroscopique et microscopique des gonades, confirme cet état.

3.2.7. Fécondité

***Technique de comptage**

-La méthode retenue est celle du sous-échantillonnage. La gonade, après pesée globale, est divisée en 3 parties. Nous avons procédé au prélèvement de 3 sous-échantillons de 1 g (1 à chaque extrémité de la gonade et 1 au centre de celle-ci). Chaque sous-échantillon est conservé dans du liquide de Gilson (Leroy, 1987) qui permettra une dissociation plus aisée des ovules.

-Après rinçage à l'eau distillée, les ovules sont comptés sous stéréomicroscope.

***Expression des résultats**

-La fécondité absolue. Le nombre moyen d'ovules (X) contenu dans un gramme est calculé à partir de la formule:

$$X = \sum X_i / n$$

X_i est le nombre d'ovules dans un sous-échantillon
n est le nombre de sous-échantillon par poisson

La fécondité absolue (Fa) est estimée à partir de:

$$Fa = X \cdot PG$$

Fa est la fécondité absolue
PG est le poids de la gonade en g

3.2.8. Taux de masculinité

Le rapport des effectifs des deux sexes dans une population est exprimé par le sex ratio $sr = n \text{ mâles} / n \text{ femelles}$. Nous utiliserons plutôt le taux de masculinité TM (Masson, 1987) qui évite d'avoir un dénominateur nul en l'absence de femelles. Il exprime en % le nombre de mâles par rapport au nombre total d'individus pour lesquels le sexe est identifiable. Ce taux est calculé suivant la formule:

$$TM = \text{nb de mâles} \cdot 100 / (\text{nb de mâles} + \text{nb de femelles})$$

3.3. Régime alimentaire

3.3.1. Etude du contenu stomacal

Un sous-échantillonnage des contenus stomacaux en fonction de la taille de l'animal est effectué pour les années 1990 et 1991 (N=212). Après décongélation (congélation au congélateur), l'ensemble du tractus digestif est prélevé, pesé et conservé dans une solution de formaldéhyde à 4% au laboratoire.

Le bol alimentaire de chaque perche est filtré sur un tamis de maille 83 μm et posé dans une cellule à comptage. L'observation est effectuée sous loupe binoculaire et/ou microscope.

Ce type de recherche est confronté à diverses difficultés:

- la capture de la perche provoque un stress dont la conséquence peut être une régurgitation partielle du bol alimentaire. Ce taux d'évacuation varie en fonction de la température, du type de ration et du type de proie (Thorpe, 1977b; Persson, 1979).

Ce phénomène n'a pas été observé chez la perche lors de nos pêches et nous négligerons cette éventuelle régurgitation;

- l'identification des proies est fonction de la qualité de la conservation et à l'avancement de l'attaque digestive déterminée par le délai séparant la capture de la prise alimentaire;
- la proie observée peut être entière ou fragmentaire pour cause de digestion ou d'ingestion partielle; l'estomac peut enfin contenir des sédiments et des détrit.

3.3.2. Expression des résultats

***Rythmes d'activité alimentaire**

- **Indice de vacuité (IV %)** : Il s'agit du rapport en % entre le nombre d'estomacs vides et le nombre total d'estomacs analysés. Les indices ne tiennent pas en compte la taxonomie des proies présentes.

- **Le coefficient de réplétion (CR%)** : C'est le rapport entre le poids du contenu stomacal et le poids du poisson . Il s'exprime en mg/g ou en %°. Cela permet d'étudier le rythme, la ration et l'intensité alimentaire (Keast, 1970; Jamet 1991).

***Identification des proies**

Nous avons dressé une liste qualitative la plus exhaustive possible des proies rencontrées pour chaque perche examinée. Les proies sont déterminées selon l'état de digestion et comptabilisées. Une proie entamée mais identifiable est considérée comme ingérée entière. Les poissons ingérés méconnaissables sont identifiés par l'observation des dents pharyngiennes.

***Indices numériques**

Afin de connaître le rôle des différentes proies ingérées dans le régime alimentaire de la perche, nous avons utilisé des indices d'occurrence.

-**Indice de fréquence** : cet indice (F%) est défini par le nombre d'estomacs où est présent chaque item par rapport au nombre d'estomacs examinés (Chappaz *et al.*, 1987; Masson, 1987; Jamet, 1991). Cela renseigne sur la distribution des organismes en fonction des variations saisonnières mais ce descripteur est insuffisant car un item donné présent dans tous les estomacs pourra y être en effectif variable.

-**Contribution numérique** : c'est le rapport entre le nombre d'individus d'un item (Ni) et le nombre total d'organismes (N) présents dans l'estomac considéré (Jamet, 1991). Cela est calculé par la formule:

$$N\% = Ni \cdot 100 / N \text{ total}$$

***Analyse multivariée**

Afin de synthétiser toutes les données acquises, une analyse factorielle des correspondances simples est réalisée. Celle-ci prend en compte le sexe et les classes de taille des perches, la saison de capture des perches et les types de proies ingérées par l'espèce.

Remarque: Les parasites internes observés dans le tractus digestif sont signalés et identifiés.

Quatrième partie

Résultats

1. Physico-chimie

1.1. Evolution des 4 caractères physico-chimiques fondamentaux

Les données détaillées de ces 4 grandeurs sont représentées en annexe 2 pour les 5 stations. La figure 16 illustre l'évolution pluriannuelle moyenne de la température, de la conductivité, du pH et de l'oxygène dissous de 1986 à 1991. La mise en service de la première tranche nucléaire date de 1986 (annexe 1). La conductivité n'a cessé d'augmenter depuis 1986. Elle est passée d'une valeur moyenne annuelle de $1325 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ au début de l'étude à $2150 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ en 1991 (avec des maxima de l'ordre de $2700 \mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$). Cela est dû à l'arrivée dans la retenue d'une eau naturellement fortement minéralisée issue de la rivière Moselle; cette minéralisation est accentuée par l'évaporation dans les aéroréfrigérants de la centrale mais aussi par l'injection ponctuelle d'acide chlorhydrique dans les canalisations (action anti-tartre).

Le pH et l'oxygène dissous ont des valeurs moyennes annuelles stables, respectivement de 8 unités pH et 10 mg l^{-1} .

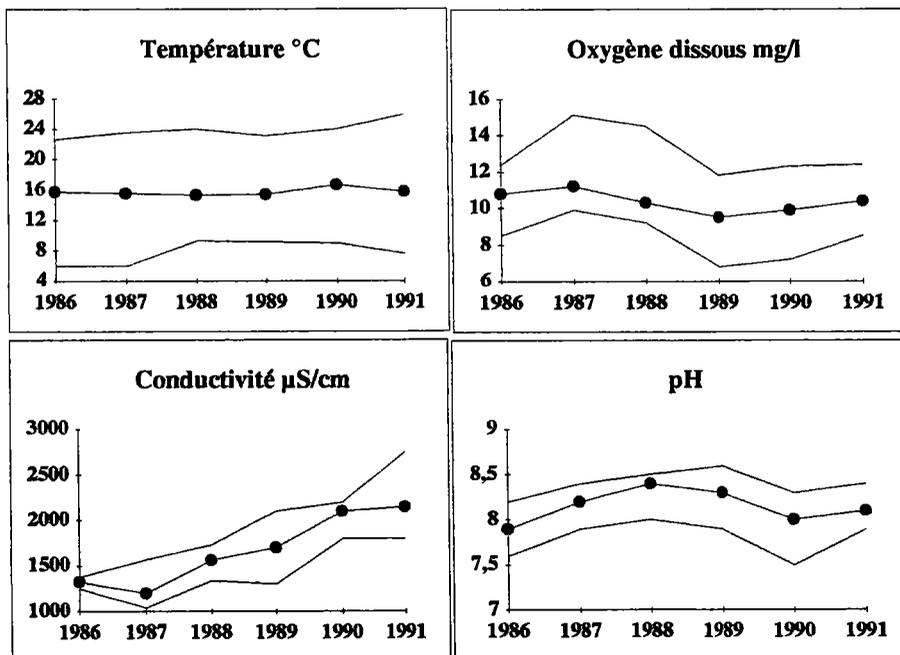


Figure 16: Evolution pluriannuelle des grandeurs physico-chimiques du réservoir du Mirgenbach

— Max
 ● Moy
 — Min

La température est fortement modifiée puisque les valeurs hivernales minimales sont passées de 6 à 9 °C à la mise en service des deux tranches nucléaires. La température maximale peut atteindre 26 °C durant le mois d'août 1991 (annexe 2), température supérieure pour cette année là à l'optimum physiologique de la perche (25,4 °C; Hokanson, 1977 *in* Craig, 1987). Durant les années 1992 et 1993, les valeurs moyennes annuelles ont tendance à se stabiliser en ce qui concerne la température et le pH, alors que pour la conductivité et l'oxygène dissous, ces valeurs ont tendance à diminuer légèrement. Elles sont respectivement de 1922 $\mu\text{S}\cdot\text{cm}^{-1}$ et 9,1 mg/l (Université de Metz. CREUM, 1993).

Au cours de l'étude (1986-1991), les variations cycliques annuelles de la température apparaissent dans la figure 17. Les arrêts des tranches nucléaires sont indiquées annexe 4.

Il n'existe pas de différence thermique notable entre les stations (annexe 2). Nous avons réalisé le profil isotherme vertical de la station 3 (fig. 18), station intermédiaire entre l'ouvrage de rejet et de prise d'eau dans le réservoir. Ce profil, réalisé tous les 2 degrés et jusqu'à 7 m de profondeur, visualise mieux l'homogénéisation de la température dans le réservoir. Nous ne remarquons aucune stratification thermique de la surface à - 7m, sauf en juillet et août 1991 où le circuit hydraulique de la centrale fonctionnait sans passer par le lac. Cette homogénéité se retrouve jusqu'en profondeur comme le montre l'annexe 2.

A partir de 1986 (mise en service des circuits hydrauliques), la thermocline existante s'est effacée; le lac évolue d'un état holomictique vers un état polymictique et même eumictique sans stratification. Cette homogénéisation des principaux facteurs physico-chimiques, constatée à tous les points d'observation et aux diverses époques de l'année, caractérise le réservoir.

Ce brassage peut être dû à plusieurs facteurs. Tout d'abord, l'énergie du jet d'eau peut organiser un mouvement en masse de l'eau. L'eumicticité peut être provoquée aussi par l'action du vent sur une retenue peu profonde et ouverte aux vents dominants (Olszewski, 1953). Les eaux échauffées injectées en profondeur montent en surface par différence de densité et entraînent un mouvement de brassage.

Cette situation ne valide pas le modèle unidimensionnel de simulation utilisé lors de l'étude d'impact sur la retenue du Mirgenbach (Annexe 5; Albignat, 1976 source EDF *in* Université de Metz. Laboratoire d'Ecologie, 1986; Gilbert & Salençon, 1988). Un nouveau modèle prend en compte cette absence de stratification.

D'après une étude réalisée en 1979 (EDF, 1979), les valeurs prévues de la température moyenne du lac suite au fonctionnement de deux tranches sont les suivantes:

température dépassée 90% du temps: 14,3 °C
 température dépassée 50% du temps: 23,3 °C
 température dépassée 10% du temps: 31,1 °C
 température dépassée 1% du temps: 33,5 °C.

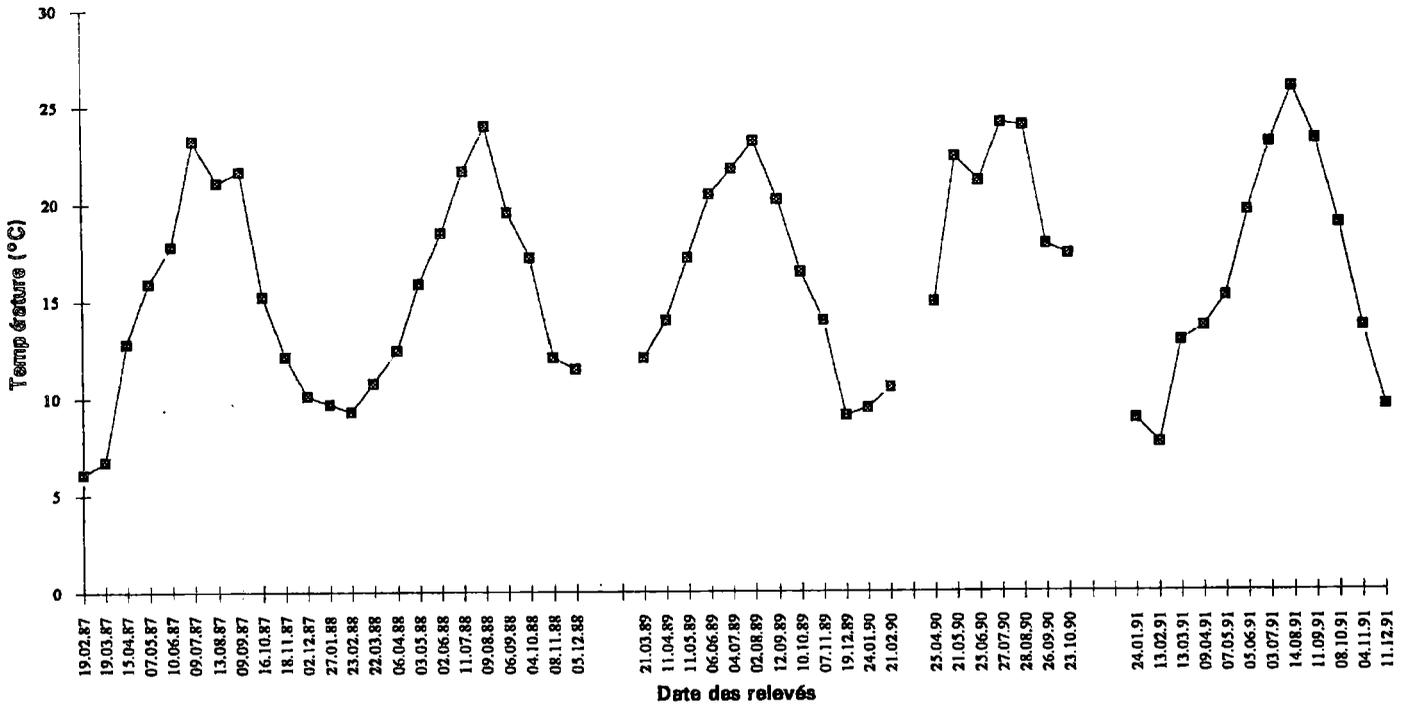


Figure 17: Evolution de la température moyenne de la tranche d'eau 0 à 6m à la station 3. Réservoir du Mirgenbach.

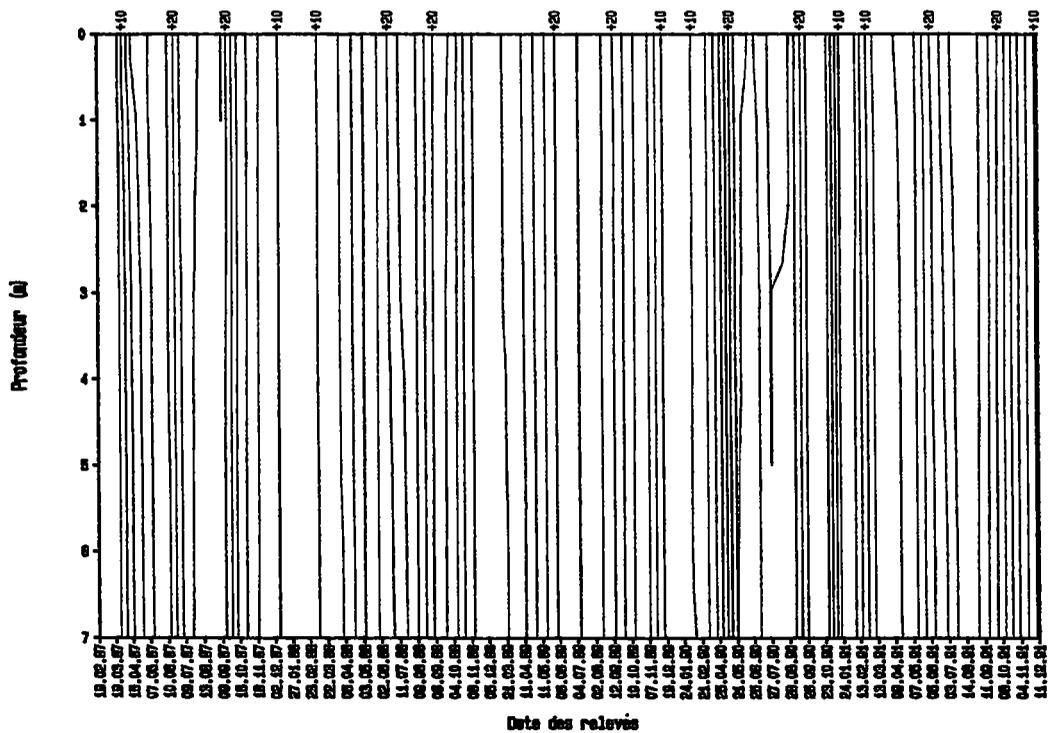


Figure 18: Courbes isothermes de 1987 à 1991. Station 3. Réservoir du Mirgenbach.

Jusqu'en 1988, la centrale a fonctionné avec les 2 premières tranches. Si l'on compare les valeurs prévues par un modèle (EDF, 1979) et celles effectivement prélevées dans le réservoir, on remarque que les températures du lac sont très inférieures aux prévisions (Annexe 6). Les températures des 3 premières années se situent en dessous du modèle à 90% d'existence (Pihan *et al.*, 1989); l'impact thermique de la centrale est moindre que celui prévu par EDF. Il n'existe pas de données similaires concernant les 4 tranches en fonctionnement.

1.2. Minéralisation, état trophique

La qualité de l'eau du réservoir était totalement influencée, avant la mise en service de la centrale, par la qualité de l'eau de la rivière Moselle (la perche fait partie des espèces piscicoles vivant dans la Moselle). Le réservoir a évolué depuis, au niveau de ces 4 caractères physico-chimiques fondamentaux, mais aussi au niveau de la charge minérale ainsi que de l'état trophique. Cette évolution est résumée dans la figure 19. D'une manière générale, toutes les valeurs ont une tendance à augmenter jusqu'en 1991 puis à se stabiliser (à l'exception des nitrites). Nous avons volontairement exprimé les résultats jusqu'en 1993 pour mieux suivre l'évolution du milieu.

Les résultats de la sédimentation ne sont pas disponibles actuellement (Dubost, thèse en cours). D'après le flux d'eau existant dans le réservoir, il y aurait une bonne circulation des éléments.

Dans le réservoir du Mirgenbach, il est noté une diminution de la transparence de l'eau (< 0,8 m), un développement important de macrophytes et d'algues, et une augmentation des formes azotées et phosphatées au cours du temps (valeurs moyennes annuelles > aux normes OCDE, 1982 in Université de Metz. CREUM, 1993). Ces signes nous font penser que la retenue peut être classée eutrophe voire hypereutrophe pour certains paramètres (P total, transparence). Nous avons assisté à l'apparition et à la prolifération de l'algue Chlorophycée, *Hydrodictyon reticulatum*. Sa biomasse humide a été estimée à 200 tonnes lors de sa récolte en août 1988. En 1989 et 1990, le phénomène s'est répété. Une intervention anthropique plus précoce en 1991 (ramassage effectué par la centrale) par rapport aux autres années a semble-t'il fait disparaître l'algue durant l'été (Mathey, 1993). En août 1992, la centrale n'a pas fonctionné durant 2 semaines avec le réservoir mais seulement avec la rivière Moselle. A cette période, le rapport N/P dans le réservoir était > à 7 et < à 10. La circulation d'eau ne se faisant plus, une stratification (thermocline et oxycline) s'est provisoirement remise en place. Cet état a probablement favorisé le développement de Cyanobactéries comme *Aphanizomenon flos-aquae*.

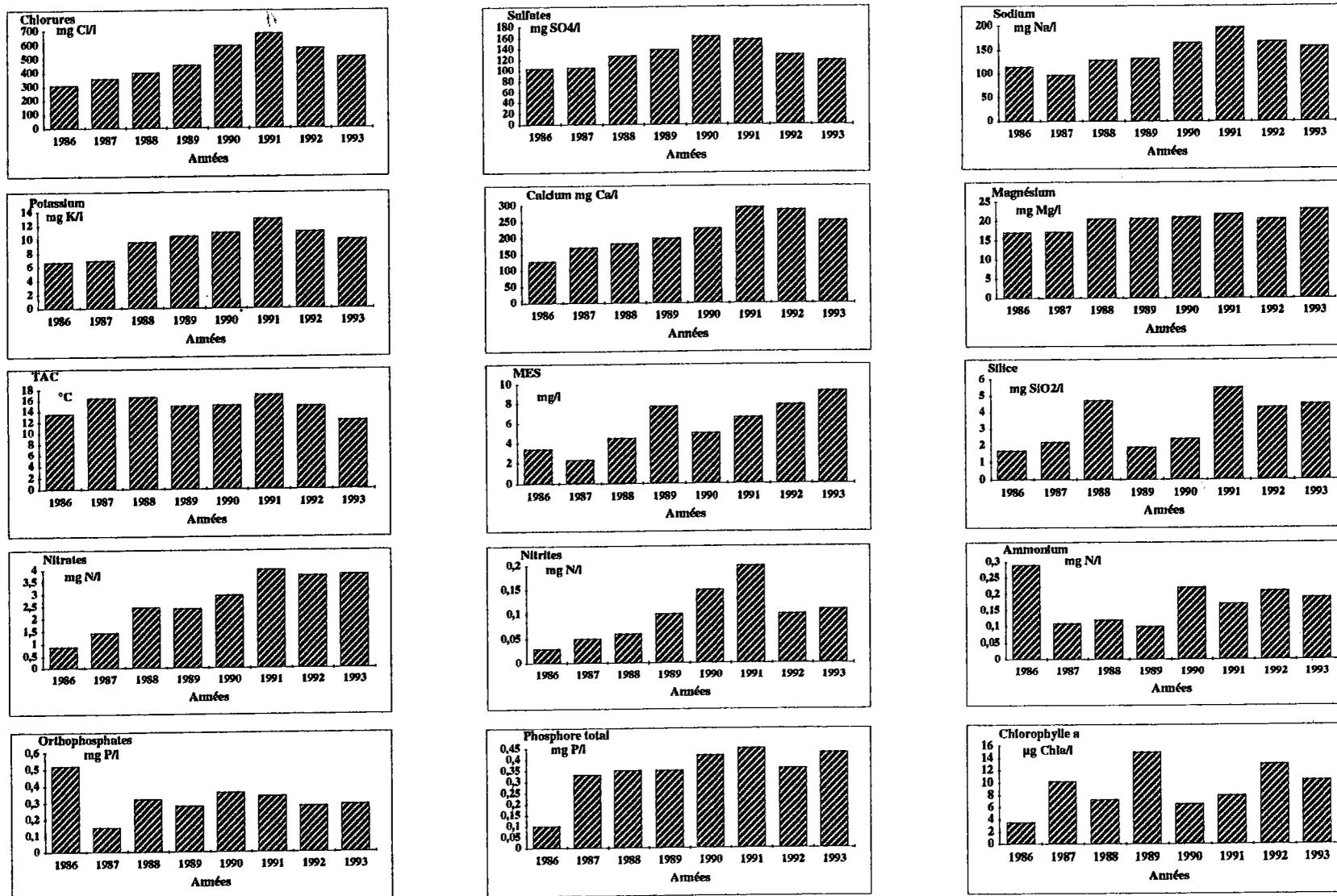


Figure 19: Valeurs moyennes annuelles des paramètres concernant la minéralisation, la charge organique, les nutriments et la chlorophylle a dans le réservoir du Mirgenbach.

Il semble difficile a priori d'évaluer l'impact de cette minéralisation sur la vie piscicole de la retenue. L'excès de minéralisation peut engendrer une fragilité supplémentaire ainsi que la sommation des toxicités dues à l'ammonium, aux nitrites, métaux lourds et biotoxines libérées par les Cyanobactéries.

Les caractéristiques du réservoir du Mirgenbach, et plus particulièrement l'augmentation thermique, la conductivité élevée, l'homogénéisation des caractères physico-chimiques et son état d'eutrophisation, vont avoir des conséquences sur la vie piscicole et en particulier sur la perche. Nous allons tenter de cerner ces problèmes dans les paragraphes suivants.

Bien qu'elle n'entre pas dans le cadre de ce travail, l'étude des métaux lourds a été effectuée sur les poissons. Le taux de cuivre dans l'eau du réservoir du Mirgenbach est élevé ($20 \mu\text{g.l}^{-1}$) (Mersch, 1993; Mersch *et al.*, 1993). Ce paramètre est à prendre en compte puisque d'après Collvin (1985), le cuivre, à des concentrations supérieures à $22 \mu\text{g.l}^{-1}$, réduit le taux de croissance maximale chez la perche.

2. Peuplement piscicole

2.1.Composition

De 1987 à 1991, les différents engins de capture confondus ont permis d'observer 18 espèces dans le réservoir du Mirgenbach (Tableau VIII). Parmi les captures, il apparaît une forte dominance de la perche (*Perca fluviatilis* L.) (56%), du gardon (*Rutilus rutilus* L.) (21%) et de la brème commune (*Abramis brama* L.) (15%). Les effectifs des autres poissons récoltés (fig. 20), à l'exception du sandre (*Stizostedion lucioperca* L.), sont faibles. L'anguille (*Anguilla anguilla*), présente, n'est pas capturée.

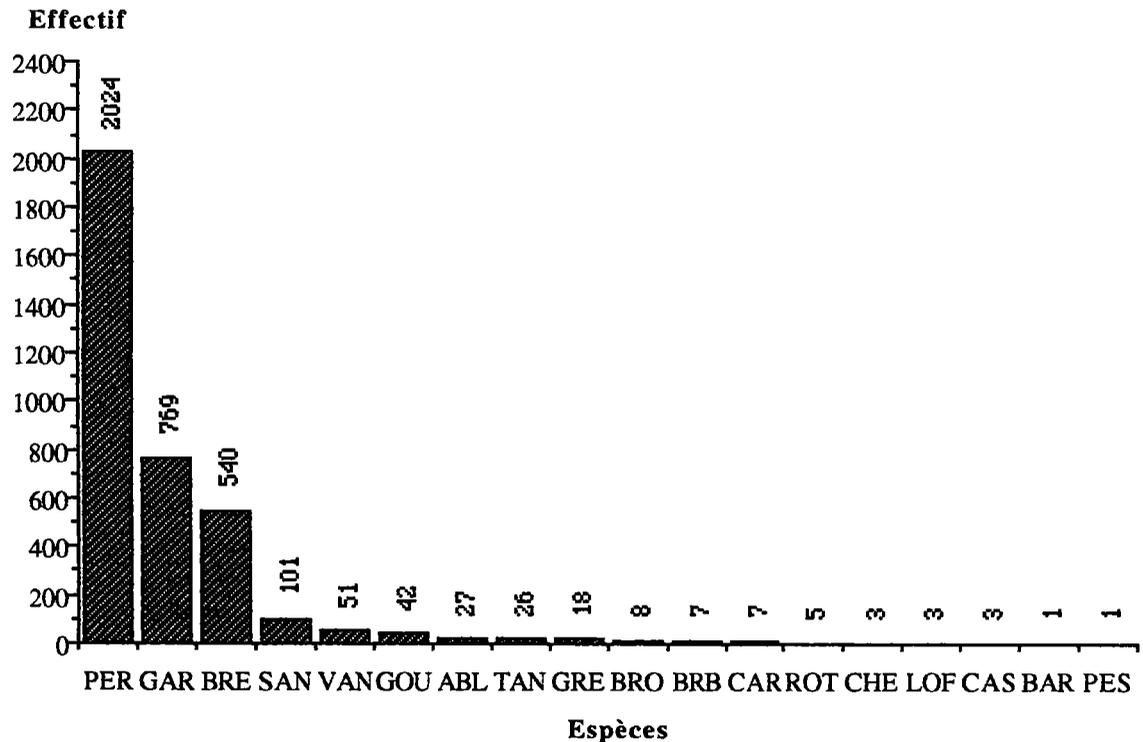


Figure 20: Effectif des captures de 1987 à 1991 (tous les engins de capture confondus) dans le réservoir du Mirgenbach (pour les codes, se référer au tableau VIII).

La pêche électrique en berge n'a permis d'observer que 4 espèces. Cet outil de sondage semble efficace dans la connaissance des cours d'eau petits et moyens mais pas dans une structure lacustre où le poisson s'échappe. Cela nous a permis néanmoins de capturer des poissons de petites tailles qui recherchent les habitats littoraux et dont l'abondance permet de prévoir l'évolution des peuplements pour les années suivantes.

Lors des pêches en 1987, aucun poisson n'a été capturé au moyen des nasses cylindriques.

Tableau VIII: Liste des poissons capturés avec tous les engins de pêche dans le réservoir du Mirgenbach (1987 à 1991).

Familles	Espèces	Codes	Noms communs
Esocidae	<i>Esox lucius</i>	BRO	Brochet
Cyprinidae	<i>Rutilus rutilus</i>	GAR	Gardon
	<i>Leuciscus leuciscus</i>	VAN	Vandoise
	<i>Leuciscus cephalus</i>	CHE	Chevaine
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i>	ROT	Rotengle
	<i>Tinca tinca</i>	TAN	Tanche
	<i>Gobio gobio</i>	GOU	Goujon
	<i>Barbus barbus</i>	BAR	Barbeau
	<i>Alburnus alburnus</i>	ABL	Ablette
	<i>Blicca bjoerkna</i>	BRB	Brème bordelière
	<i>Abramis brama</i>	BRE	Brème commune
<i>Carassius carassius</i>	CAS	Carassin	
<i>Cyprinus carpio</i>	CAR	Carpe commune	
Cobitidae	<i>Noemacheilus barbatulus</i>	LOF	Loche-franche
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i>	PER	Perche
	<i>Stizostedion lucioperca</i>	SAN	Sandre
	<i>Gymnocephalus cernua</i>	GRE	Grémille
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i>	PES	Perche-soleil
Espèce observée dans les filets et non capturée			
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i>	ANG	Anguille

La pêche à la ligne a donné de bons résultats pour la Perche. Seulement 4 Gardons sont capturés par cette méthode très sélective destinée aux carnassiers. Cette faiblesse de capture des cyprins est normale puisque la pêche à la cuiller est adaptée aux carnassiers.

2.2. Evolution interannuelle des captures

Les captures évoluent au cours des années et selon les engins utilisés (tableau IX). La Perche dominait seule en 1987 le peuplement; sa population a décliné ensuite puis est redevenue dominante en 1991 avec le Gardon et la Brème qui se sont développés plus récemment. Les arguments expliquant ce déclin seront repris par la suite.

Certaines espèces comme la Vandoise (*Leuciscus leuciscus*), le Goujon (*Gobio gobio*), la Loche-franche (*Noemacheilus barbatulus*), la Perche-soleil (*Lepomis gibbosus*) et le Barbeau fluviatile (*Barbus barbus*) sont capturées seulement en 1987 et en nombre très faible. D'autres espèces comme la Carpe (*Cyprinus carpio*), l'Ablette (*Alburnus alburnus*), le Sandre et la Brème sont observées les deux dernières années lors des pêches aux filets verticaux.

Plusieurs hypothèses peuvent être proposées pour expliquer ces présences et ces absences.

La sélectivité des engins de pêche, différents suivant les années, participe à l'absence de prise ou de reprise des espèces. L'observation de nouvelles espèces intervient depuis l'utilisation des filets verticaux. La présence de sandres dans les parties les plus profondes du réservoir était signalée en 1988 par des plongeurs professionnels; la hauteur limitée des filets maillants classiques de surface n'avait pas permis l'exploration des fonds du lac. Le gardon devait être présent en 1987. Soit il échappait à nos filets; soit il se trouvait en zone pélagique (présence confirmée par l'utilisation des filets maillants verticaux en 1990-1991), non échantillonné avec les filets maillants traditionnels.

Les premières pêches se sont déroulées dans un milieu lacustre récent, moins de deux ans après la mise en eau du réservoir du Mirgenbach (1985). Cela explique la présence de certaines espèces issues directement de la rivière Moselle, comme la perche.

Le passage des poissons d'un milieu d'eau courante à un écosystème lacustre, l'échauffement du Mirgenbach lié au fonctionnement de la centrale et l'évolution du trophisme peuvent provoquer la disparition de certaines espèces et le développement d'autres espèces.

Tableau IX: Effectif des captures des espèces de poissons du réservoir du Mirgenbach.

FMT: filets maillants traditionnels

PE: pêche électrique

P.L: pêche à la ligne

FMV: filets maillants verticaux

Engins de capture	1987		1988		1989		1990		1991		Total sans P.L	TOTAL	
	F.M.T	P.E	F.M.T	P.L	F.M.T	P.L	P.L	F.M.T	F.M.V	F.M.T			F.M.V
Campagnes	9	1	5	4	5	5	4	4	2	1	3		
Espèces													
brochet	/	/	/	/	/	/	/	/	3	/	5	8	8
gardon	28	/	1	4	/	/	/	/	186	/	550	765	769
vandoise	51	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	51	51
chevaine	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3	3	3
rotengle	2	/	/	/	/	/	/	/	1	/	2	5	5
tanche	/	/	/	/	2	/	/	/	3	/	21	26	26
goujon	1	41	/	/	/	/	/	/	/	/	/	42	42
barbeau fluviatile	/	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1
ablette	/	/	/	/	/	/	/	/	4	/	23	27	27
brème bordelière	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	7	7	7
brème commune	/	/	/	/	/	/	/	/	113	/	427	540	540
carassin	/	/	3	/	/	/	/	/	/	/	/	3	3
carpe	/	/	/	/	/	/	/	/	2	/	5	7	7
loche franche	/	3	/	/	/	/	/	/	/	/	/	3	3
perche	510	32	18	349	3	209	208	4	138	2	551	1258	2024
sandre	/	/	/	/	/	/	/	/	22	/	79	101	101
grémille	/	/	/	/	2	/	/	/	5	/	11	18	18
perche soleil	1	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	1	1
TOTAL	593	77	22	353	7	209	208	4	477	2	1684	2866	3636

2.3. Evolution spatiale: analyse factorielle des correspondances multiples (AFC)

Cette analyse est effectuée sur les échantillons issus des pêches aux filets verticaux en 1990 et 1991 (sans prendre en compte les effets saisonniers) avec les 7 espèces dominantes du réservoir (GAR, BRE, SAN, TAN, GRE, ABL, PER; cf tableau VIII pour les codes). La figure 21a, représentant l'histogramme des valeurs propres, indique que 37 % de l'inertie totale du nuage de points est expliquée par le premier axe de l'AFCm. Trois groupes de stations se distinguent par leurs caractéristiques morphologiques (fig. 21b; fig. 22; se référer au tableau X pour la répartition des paramètres en fonction des stations).

- les stations littorales A, B, et G situées dans 3 cornes du réservoir ont pour spécificités: une protection aux vents dominants, une profondeur faible, un couvert végétal rivulaire important, une distance à la rive faible. Ces 3 stations sont aussi les plus éloignées des ouvrages de prise et de rejet. 2 espèces de poissons affectionnent ces stations: la grémille de petite taille (< à 10 cm) et la perche (les tailles sont illustrées tableau XII). Au moyen de la pêche électrique en 1987, des petites perches avaient été capturées surtout dans les stations A et B.

- les stations semi-pélagiques C et H. La station C est la station la plus proche du rejet des eaux en provenance de la centrale. La station H est soumise au courant existant entre le rejet et la prise d'eau. Ces stations sont également exposées aux vents dominants. 2 espèces se distinguent: la brème et l'ablette.

- les stations, littorale E, et pélagiques F et D. La station E se différencie du premier groupe (A,B et G) par l'absence de couvert végétal en rive et par son exposition aux vents. La perche reste néanmoins abondante dans cette station. Les stations F et D sont les plus profondes avec une distance à la rive moyenne et proche. Ces stations sont soumises au flux d'eau existant entre le rejet et la prise. Le gardon et le sandre s'y distinguent.

La station G se distingue des stations A et B (fig. 22). Cette différence est explicable par sa position géographique. Elles sont toutes les trois distantes des ouvrages hydrauliques; la station G étant au Nord de l'ouvrage de prise et les stations A et B au Nord de l'ouvrage de rejet. La grémille se retrouve uniquement dans les stations A et B, la perche dans les stations G et E. Nous retrouvons également le groupe des stations pélagiques avec la présence de la brème et de l'ablette dans les stations C et H. Le gardon est proche des stations F et D. Nous pouvons, à partir des résultats de l'AFC, émettre une typologie de ce réservoir dans la répartition des espèces (fig. 23).

Toute la partie pélagique est caractérisée par la présence de gardons, poissons de pleine eau, qui circulent entre les stations H et D, stations les plus profondes et soumises au courant d'eau du pompage. Cette situation ressemble à celle du lac du Bourget (Savoie, France) où l'intense pêche aux corégones (*Coregonus* sp.) a permis au gardon de tirer profit de cette situation et de s'adapter aux conditions en envahissant plus vite l'ensemble de la masse d'eau la plus profonde qui était peu exploitée auparavant (CEMAGREF, 1987). Dans le cas du Mirgenbach, la pêche sélective des perches a permis au gardon de se développer en zone pélagique, peu exploitée avant 1991 avec des ressources alimentaires plus disponibles pour ce cyprin.

La station C, proche du rejet, est peuplée de brèmes, espèce qui par rapport aux autres poissons de la retenue, préfère les eaux plus chaudes (Kiener, 1985). Il y a donc un attrait lié au rejet pour cette espèce. La perche (voir taille tableau XII) colonise les stations E et G, peu profondes et non influencées par le rejet .

Les autres espèces, malgré leur plus faible effectif, semblent préférer certaines zones du lac: la grémille, poisson de fond, est essentiellement capturée dans les stations A et B qui sont très abritées et riches en couverture végétale rivulaire; l'ablette se retrouve surtout dans la station C avec la brème et le sandre dans les zones les plus profondes. Enfin, la tanche, de par sa position médiane sur les différentes figures, ne montre pas de zone préférentielle dans sa répartition.

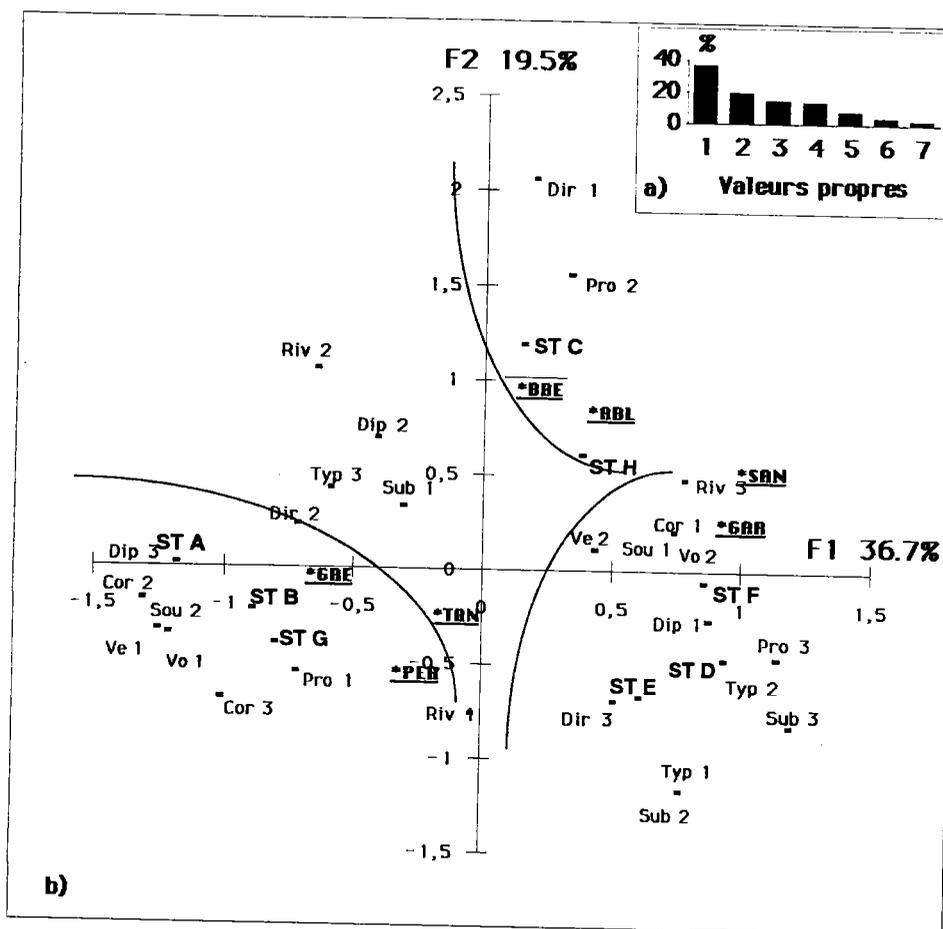


Figure 21: Ordination des stations et des variables modales par analyse des correspondances multiples.

a). Histogramme des valeurs propres

b). Distribution des variables (carrés noirs) et des stations sur le plan F1x2. Sept espèces de poissons (étoiles noires) sont projetées dans le plan factoriel comme variables illustratives.

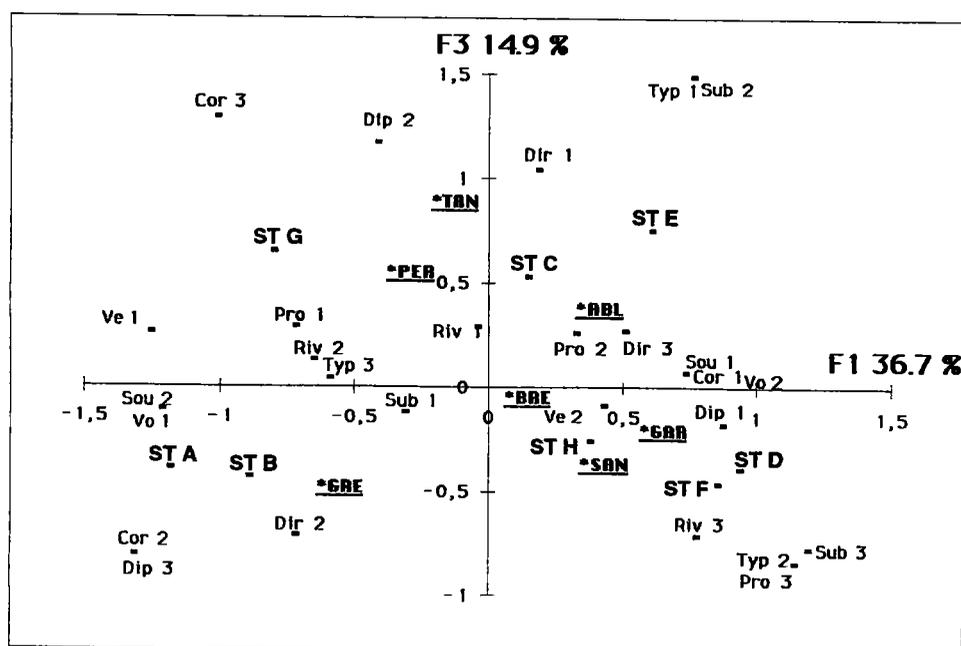


Figure 22: Distribution des variables modales et des stations sur le plan F1x3 de l'AFCm.

Tableau X: Répartition des paramètres selon les stations échantillonnées.

10 variables modales										
	pro	typ	sub	cor	sou	dir	dip	rlv	vo	ve
STA	1	3	1	2	2	2	3	2	1	1
STB	1	3	1	2	2	2	3	1	1	2
STC	2	3	1	1	1	1	2	2	2	2
STD	3	2	3	1	1	3	1	1	2	2
STE	1	1	2	1	1	3	1	1	2	2
STF	3	2	1	1	1	3	1	3	2	2
STG	1	3	1	3	2	3	2	1	1	1
STH	2	3	1	1	1	2	1	3	2	2

7 variables illustratives (=espèces)							
	GAR	BRE	SAN	TAN	GRE	ABL	PER
STA	50	62	11	2	4	0	40
STB	49	50	9	1	8	0	44
STC	94	166	18	3	0	11	7
STD	87	64	20	3	0	3	66
STE	65	27	7	4	0	2	107
STF	133	65	13	0	4	4	56
STG	66	11	7	5	2	1	233
STH	135	66	14	2	2	1	74

Analyse factorielle
des correspondances multiples

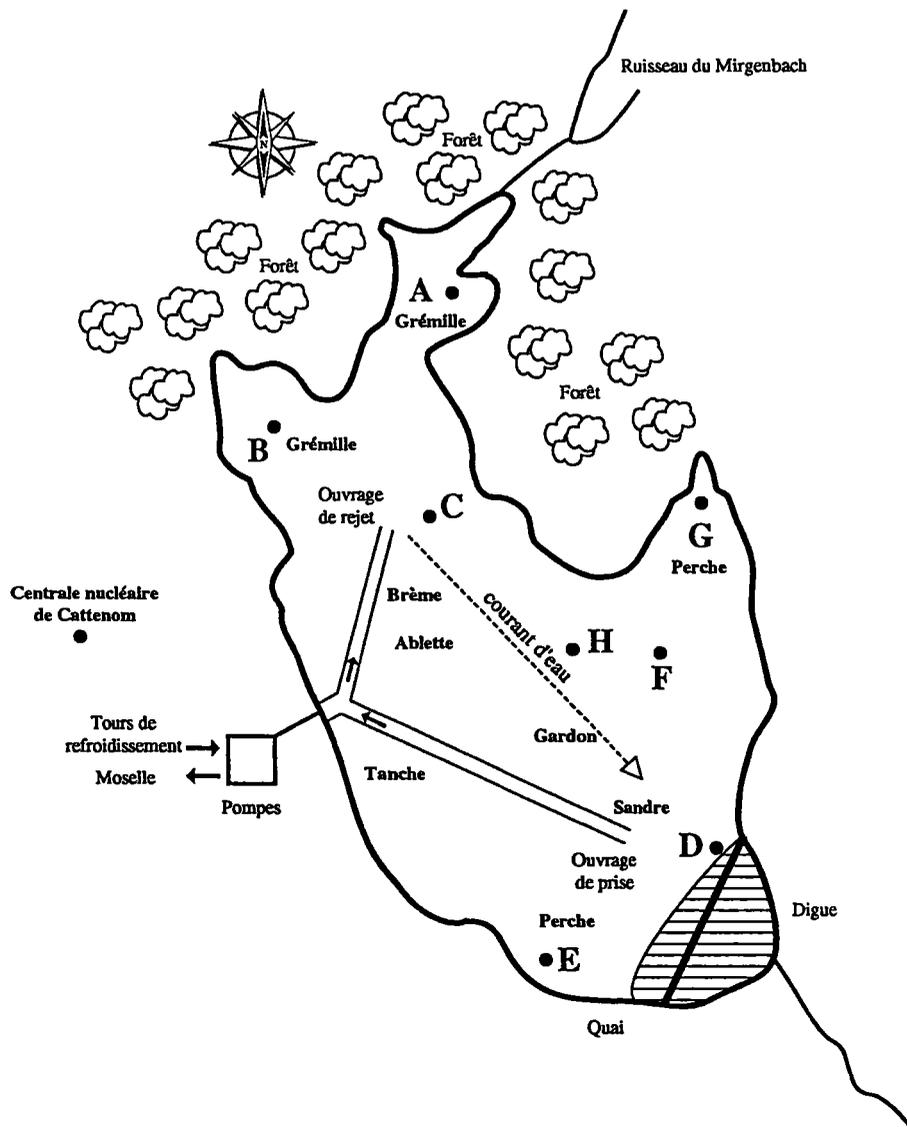


Figure 23: Typologie de la répartition des poissons dans le réservoir du Mirgenbach d'après l'AFCm.

3. Perche : Composition des captures et répartition (tailles)

Avant de décrire le patron de répartition de la perche dans le réservoir du Mirgenbach, il importe de caractériser certains aspects méthodologiques à travers les interrelations captures-engins, l'analyse des distributions des longueurs et la sélectivité des engins.

De 1987 à 1991, 2016 perches sont prises au moyen des divers engins de pêche dans le réservoir du Mirgenbach. Le tableau XI récapitule toutes les captures de perches lors des campagnes d'échantillonnage.

Tableau XI: Effectif des captures de perche au cours des 5 années d'échantillonnage.

Campagnes	Engins de capture utilisés	Effectif de perches
	1987	
février	nasses	0
mars	nasses	0
avril	nasses-filets maillants traditionnels	0-5
mai	nasses-filets maillants traditionnels	0-16
juin	nasses-filets maillants traditionnels	0-95
juillet	nasses-filets maillants traditionnels	0-104
juillet	pêche électrique	32
août	filets maillants traditionnels	164
septembre	filets maillants traditionnels	33
octobre	filets maillants traditionnels	54
novembre	filets maillants traditionnels	7
décembre	filets maillants traditionnels	32
	1988	
février	filets maillants traditionnels	0
mars	filets maillants traditionnels	0
avril	filets maillants traditionnels	8
mai	filets maillants traditionnels	10
juin	filets maillants traditionnels	0
juillet	pêche à la ligne	96
septembre	pêche à la ligne	97
octobre	pêche à la ligne	71
décembre	pêche à la ligne	85
	1989	
mars	filets maillants traditionnels	0
avril	pêche à la ligne	71
mai	pêche à la ligne	46
juin	pêche à la ligne	17
juillet	filets maillants traditionnels	3
août	filets maillants traditionnels	0
septembre	pêche à la ligne	71
octobre	filets maillants traditionnels	0
novembre	pêche à la ligne	4
décembre	pêche électrique-f.m.traditionnels	0-0
	1990	
janvier	pêche à la ligne	54
février	pêche à la ligne	52
mars	pêche à la ligne-f.m.traditionnels	11-1
mai	filets maillants traditionnels	0
juin	filets maillants traditionnels	3
août	filets maillants traditionnels	0
octobre	pêche à la ligne-f.m.verticaux	91-62
novembre	filets maillants verticaux	76
	1991	
février	filets maillants verticaux	192
mars	filets maillants traditionnels	2
juin	filets maillants verticaux	298
octobre	filets maillants verticaux	53

3.1. Structure de la population : distribution statistique des longueurs

Les résultats suivants concernent l'étude des distributions des classes de taille (cm).

3.1.1. Engin actif : la pêche à la ligne

Avec cet engin de capture utilisé en 1988, 1989 et 1990, le mode se situe à 23 cm (fig. 24) et la distribution est normale; la longueur moyenne étant de $23,6 \pm 3,46$ cm. 5% des poissons dépassent la taille de 30 cm: la plus grosse capture est une perche de 42 cm. En revanche, du fait de la taille de la cuiller, aucune perche de taille inférieure à 15 cm n'est prise. Il s'agit donc d'un échantillonnage qui ne concerne que la perche adulte et qui ne saurait rendre compte de la structure de la population.

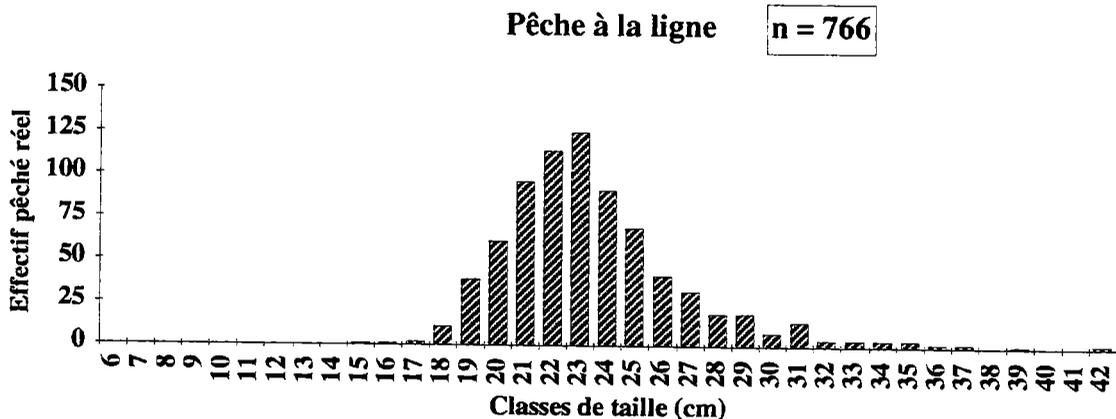


Figure 24: Distribution de fréquences de taille de la perche capturée à la pêche à la ligne dans le réservoir du Mirgenbach .

3.1.2 Engins passifs: filets maillants traditionnels et verticaux

*Les filets maillants traditionnels (ou horizontaux)

Avec ces filets maillants classiques, 537 perches sont capturées de 1987 à 1990 dont 510 en 1987 (tableau IX). Les tailles sont comprises entre 10 et 38 cm (fig. 25). Leur longueur moyenne est de $23,9 \pm 3,57$ cm. Aucun poisson de taille comprise entre 16 et 18 cm n'est capturé, alors que la pêche à la ligne témoigne de leur existence. Le pic d'abondance se situe à 24 cm, alors que la pêche à la cuiller situait ce pic à 23 cm. Les poissons de longueur inférieure à 18 cm ou de plus de 30 cm sont faiblement représentés. La répartition des captures de perches en fonction de la taille des mailles et en fonction des mois est représentée respectivement fig. 26 et fig. 27 et ce pour l'année 1987 (majorité des captures aux FMT).

Les captures avec les filets de mailles 20 et 25 mm sont voisines en taille avec un effectif plus important dans les classes de taille élevées pour le filet 25 mm. Il en est de même pour les 2 autres filets, 30 et 40 mm, avec une distribution des captures comparables (fig. 26). La figure 27 nous montre un déplacement des classes de taille vers la droite en fonction des mois avec l'apparition de 2 ensembles en mai et en septembre-octobre 1987. Les structures des classes de taille avec les FMT ne sont pas illustrées pour les autres années; l'effectif des captures est très faible, peu représentatif et peu exploitable. Sur 18 individus capturés en 1988, dont les tailles varient de 21 à 32 cm, le mode se situe à 24 cm.

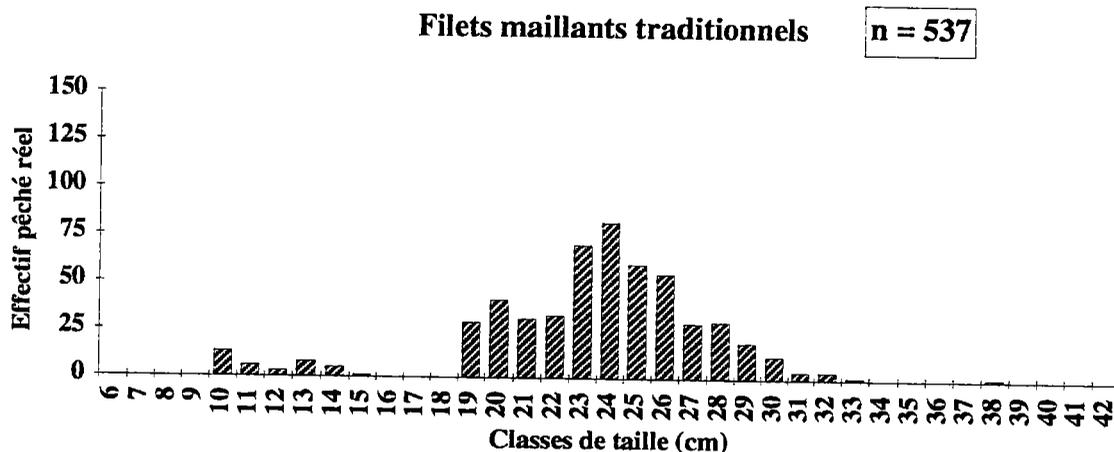


Figure 25: Distribution de fréquences de taille de la perche capturée aux filets maillants traditionnels dans le réservoir du Mirgenbach entre 1987 et 1990.

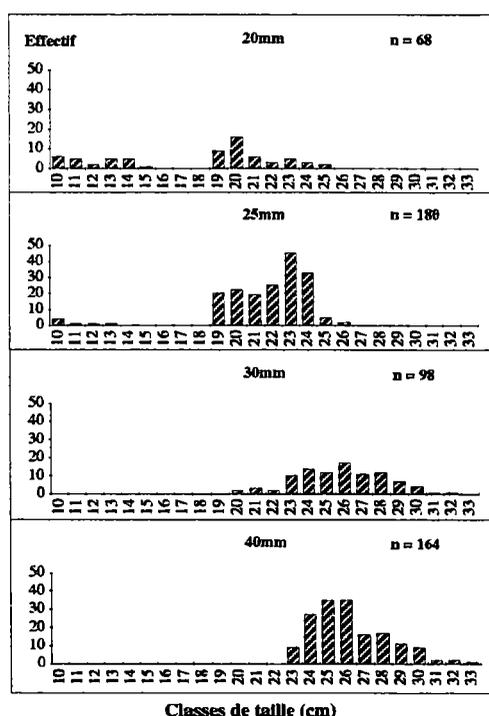


Figure 26: Distribution des captures de perche en fonction de la taille des mailles. FMT. 1987.

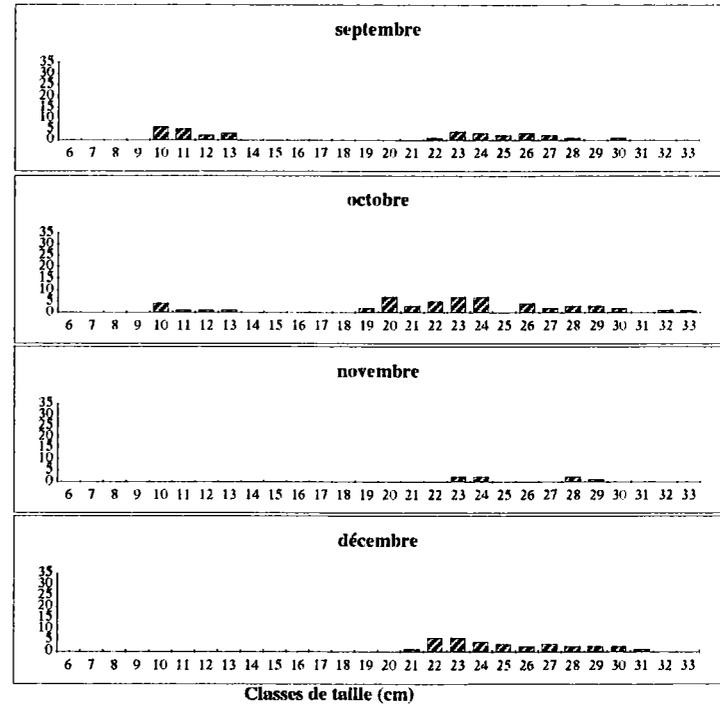
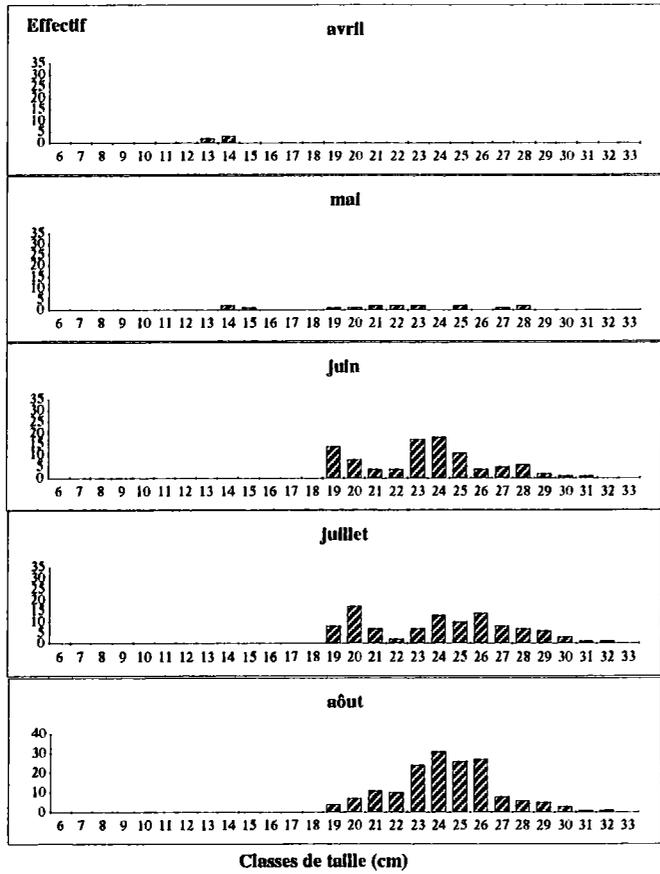


Figure 27: Histogramme des effectifs de perches capturées aux filets maillants traditionnels (Pour les effectifs mensuels, se référer au tableau X1)

1987

Le fait d'avoir un pic de perches de taille importante et pas de petites fait intervenir 2 hypothèses : soit l'échantillonnage avec les filets maillants traditionnels n'est pas représentatif; les petites perches échapperaient à la pêche. La maille de 10 mm aurait dû être employée pour le confirmer. Soit il y a un problème de recrutement de l'espèce après 1987. Il faudrait donc voir si la perche se reproduit efficacement après cette année là.

***Les filets maillants verticaux**

La campagne d'octobre 1990 avec les FMV n'a pas été prise en compte dans les analyses; en effet cette campagne a servi de préliminaire dans la mise en place des FMV et n'a pas suivi le même protocole d'échantillonnage utilisé par la suite.

De novembre 1990 à octobre 1991, la taille modale est située à 21-22 cm (fig. 28) pour les individus capturés au moyen de ces filets. La perche la plus petite mesure 11,9 cm et la plus grande 42,2 cm. Très peu d'individus dépassent la taille de 30 cm. La longueur moyenne des perches, toutes mailles confondues, est de 20 cm.

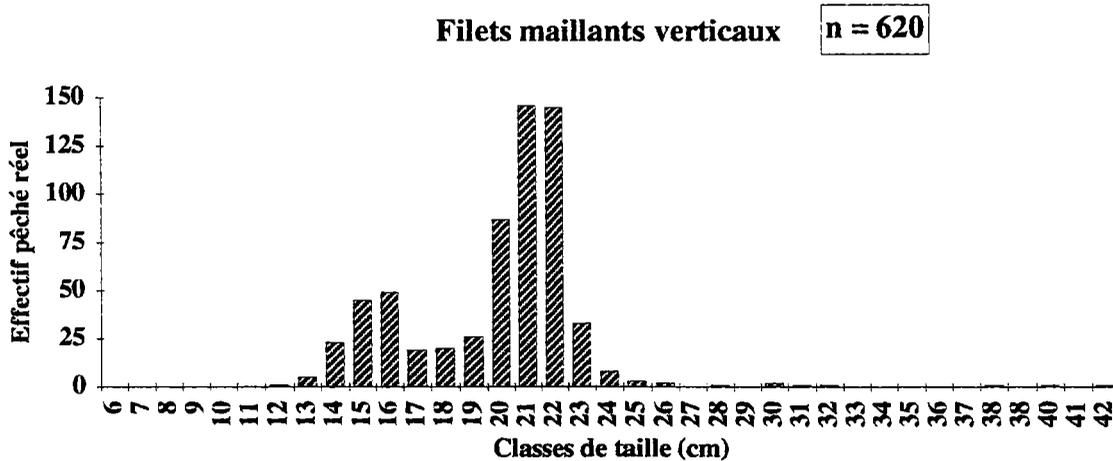


Figure 28: Distribution de fréquences de taille de la perche capturée aux filets maillants verticaux dans le réservoir du Mirgenbach, 1990-1991.

La taille des poissons capturés augmente progressivement avec l'accroissement de la maille (fig. 29). Cependant les tailles moyennes et les médianes des perches piégées dans les filets aux mailles de 10 et 20 mm sont voisines (tableau XII; test des médianes, différence non significative au risque $\alpha = 0,05$). Cette homogénéité tient à l'absence de jeunes perches dans les filets de maille de 10 mm jusqu'en 1991. Cela repose donc le problème du recrutement de l'espèce (annexe 7); les zones littorales étant bien prospectées avec ces filets, les habitats des jeunes perches ne semblent pas être oubliés.

L'étude de la proportion des poissons d'une même classe de taille capturée dans les différentes mailles fournit des informations quant à la sélectivité des filets. Ainsi, près de 100% des perches de 14 à 18 cm de notre échantillon sont retrouvées dans la maille de 20 mm (fig. 29). En revanche, pour la taille de 21 cm, 50% des perches capturées le sont dans les filets de maille de 30 mm et respectivement 45% et 5% dans les mailles de 20 et 10 mm.

Si l'on considère les effectifs pêchés, les filets de mailles de 20 et 30 mm se sont révélés les plus productifs en récoltant respectivement 55% et 36% des effectifs de perches (fig. 30). 8% des individus sont piégés dans les filets aux mailles de 10 mm et seulement 1% se répartissent entre les engins de plus grandes mailles (40, 50 et 60 mm).

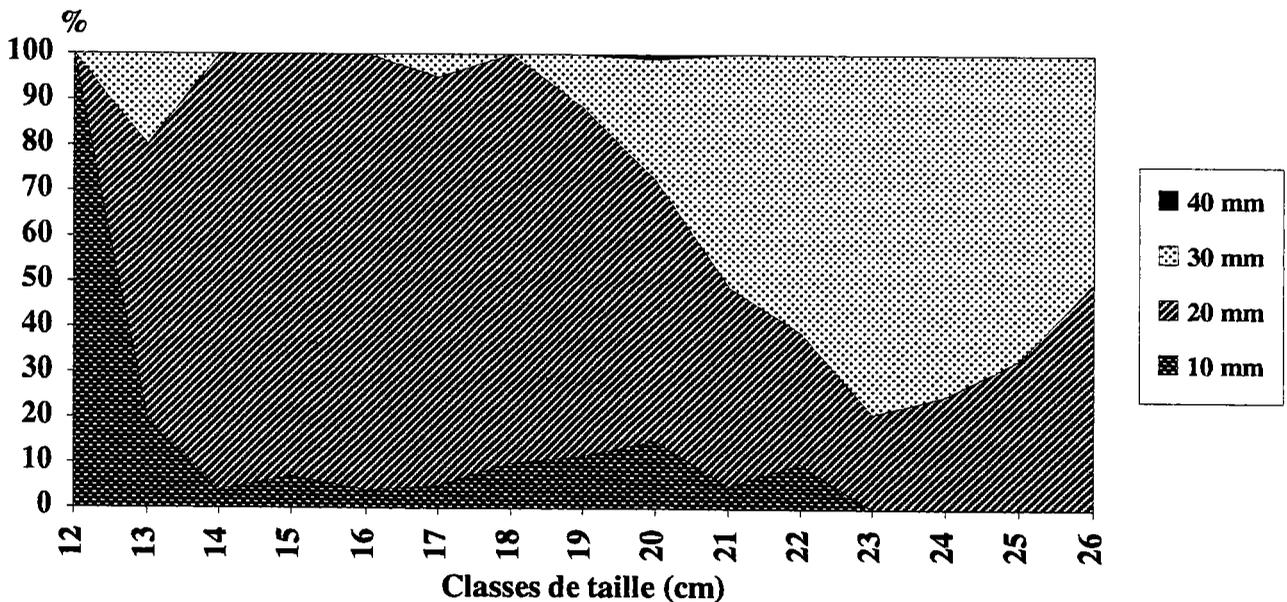


Figure 29 : Pourcentage de perches d'une même classe de taille capturées dans différentes mailles des filets maillants verticaux; (les captures au moyen des mailles 50 et 60 mm n'ont pas été mentionnées car peu significatives).

Tableau XII: Tailles moyennes des captures de perche aux FMV en fonction des mailles, des stations et des saisons (effectifs entre parenthèses).

STATIONS A				B				C				D				
SAISONS	Nov-90	Fév-91	Jul-91	Oct-91	Nov-90	Fév-91	Jul-91	Oct-91	Nov-90	Fév-91	Jul-91	Oct-91	Nov-90	Fév-91	Jul-91	Oct-91
MAILLES																
10 mm	14,6(1)				22,0(1)	20,2(1)		16,3(3)								19,6(8)
20 mm	18,5(10)	21,2(9)	16,5(9)		17,2(8)		16,6(19)		19,8(1)	19,7(2)	19,9(1)	19,7(1)	21,8(1)	19,8(2)	19,0(26)	
30 mm	22,1(4)	22,0(6)	21,5(1)		22,0(5)	22,4(1)	21,3(5)	23,7(1)			21,3(2)		22,3(2)	22,2(3)	21,5(20)	
40 mm																20,1(1)
50 mm																
60 mm																
moy. (cm) des tailles/saison	19,2	21,5	17,0	/	19,3	21,3	17,6	18,1	19,8	19,7	20,8	19,7	22,1	21,2	19,9	/

STATIONS E				F				G				H				
SAISONS	Nov-90	Fév-91	Jul-91	Oct-91	Nov-90	Fév-91	Jul-91	Oct-91	Nov-90	Fév-91	Jul-91	Oct-91	Nov-90	Fév-91	Jul-91	Oct-91
MAILLES																
10 mm		20,4(3)	21,1(5)													
20 mm	19,1(18)	20,6(20)	20,0(26)	22,2(1)	15,0(1)		17,3(32)		21,2(12)	21,0(43)	21,0(16)	16,7(3)		20,4(2)	16,8(1)	
30 mm	21,4(1)	21,2(11)	21,5(20)		22,0(1)	19,8(4)	21,5(14)	22,6(1)	21,7(6)	21,6(69)	21,6(19)	22,6(8)	21,4(2)	24,3(8)	22,3(11)	
40 mm										29,9(1)		30,3(2)				
50 mm												33,6(3)				
60 mm					38,3(1)											
moy. (cm) des tailles/saison	19,4	20,8	20,7	22,2	25,1	19,8	18,6	22,6	21,3	21,4	21,1	19,3	21,4	23,5	17,6	/

() = nombre de perches

Tailles moyennes (Moy.) et médianes (Me) par maille toutes stations confondues (cm)

Mailles	n	Moy.	Me	Comparaison des médianes. Valeurs des X2 (seuil 0,05)
10 mm	48	19,6 (± 2,68)	20,8	entre Me (10 mm) - Me (20 mm) = 6,12 (non significatif)
20 mm	337	18,7 (± 2,83)	20	entre Me (30 mm) - Me (20 mm) = 130,30 (significatif)
30 mm	226	21,7 (± 1,82)	22,1	entre Me (10 mm) - Me (30 mm) = 8,97 (significatif)
40 mm	4	27,6 (± 5,22)	-	-
50 mm	3	33,6 (± 5,52)	-	-
60 mm	1	38,3	-	-

En raison de l'absence de perches de petite taille et de l'insuffisance des effectifs de grande taille, les résultats actuels portant sur les filets de maille de 10, 40, 50 et 60 mm n'ont qu'une valeur indicative.

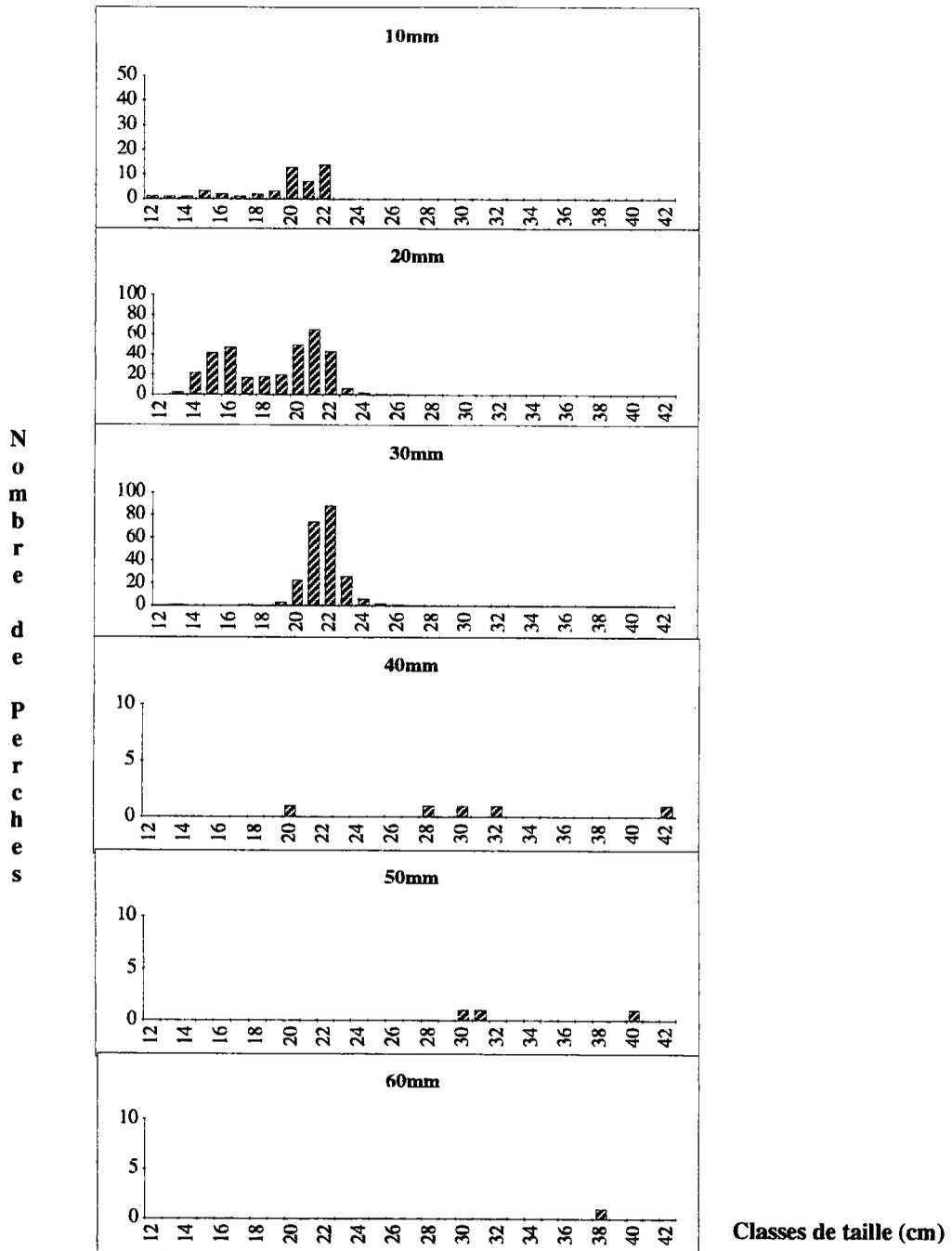


Figure 30: Distribution des captures de perches en fonction de la taille des mailles. FMV. 1990-1991.

Pour les tailles moyennes saisonnières (fig.31), la tendance évolutive en fonction des mailles est la même (comparée avec la fig. 29) avec une stabilité des tailles pour les mailles de 10 et 20 mm. La moyenne des tailles est plus faible en novembre 1990 que celle de la période hivernale 1991. Nous observons 2 ensembles (un lot de taille inférieure à 19 cm; l'autre de taille comprise entre 19 et 26 cm) (fig. 32). Par contre, en hiver, les classes de taille sont élevées et en effectif important. Ce sont essentiellement des géniteurs.

En juin 1991, les tailles moyennes régressent peu par rapport à l'hiver (fig. 31), mais l'on retrouve les 2 ensembles des classes de taille. Enfin, la chute de la taille moyenne lors du second échantillonnage automnal (octobre 1991) s'explique par une capture proportionnellement plus faible d'individus de taille supérieure à 19 cm.

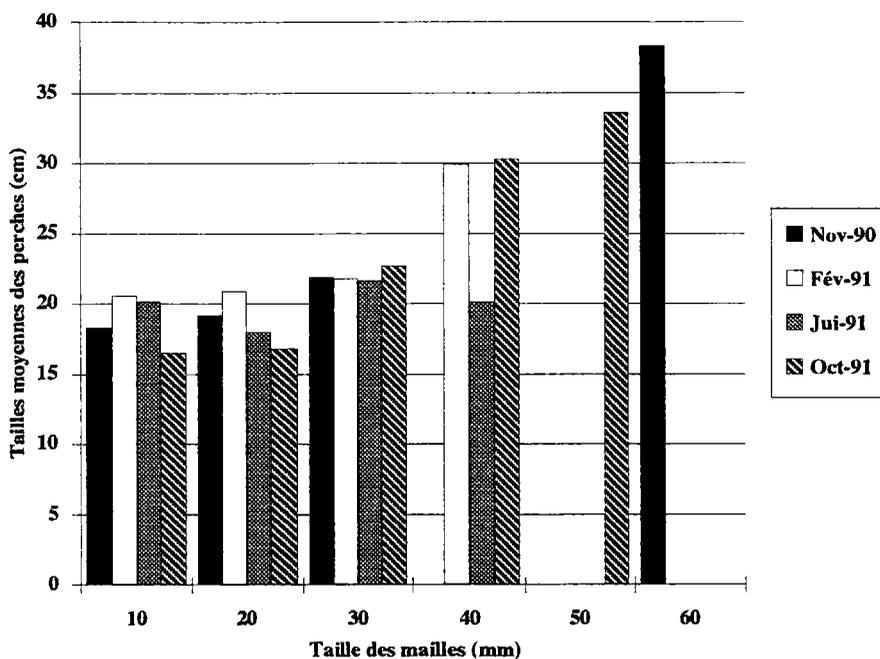


Figure 31: Evolution des tailles moyennes saisonnières des perches capturées aux filets maillants verticaux. 1990-1991.

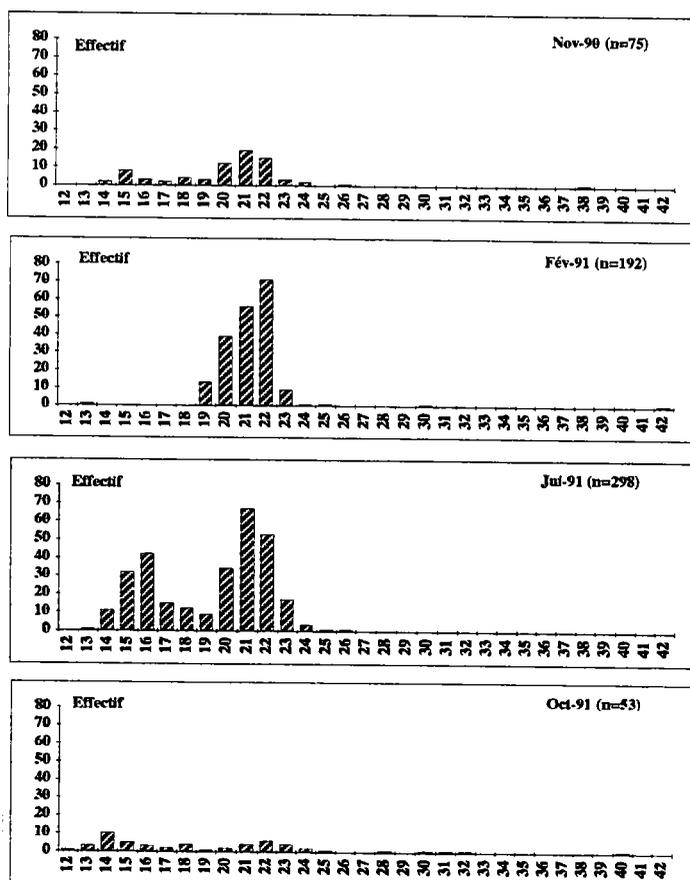


Figure 32 : Distribution saisonnière des captures de perche aux FMV en 1990 et 1991.

3.1.3. Comparaison des distributions de longueur entre deux engins de capture: FMV et PL (fig. 33)

En complément, les distributions de longueur de 151 perches capturées à la ligne ou aux filets maillants verticaux sont comparées en octobre 1990. Il existe une différence significative (seuil de 0,05) entre les histogrammes de fréquence concernant les filets maillants verticaux de maille 20 mm et la pêche à la ligne ($\chi^2 = 25,6$) et entre les filets maillants verticaux de maille 30 mm et 20 mm ($\chi^2 = 22$). En revanche, les structures des captures entre la pêche à la ligne et les filets maillants verticaux de maille 30 mm sont comparables ($\chi^2 = 2,35$; différence non significative). Les deux méthodes touchent donc la même fraction de la population.

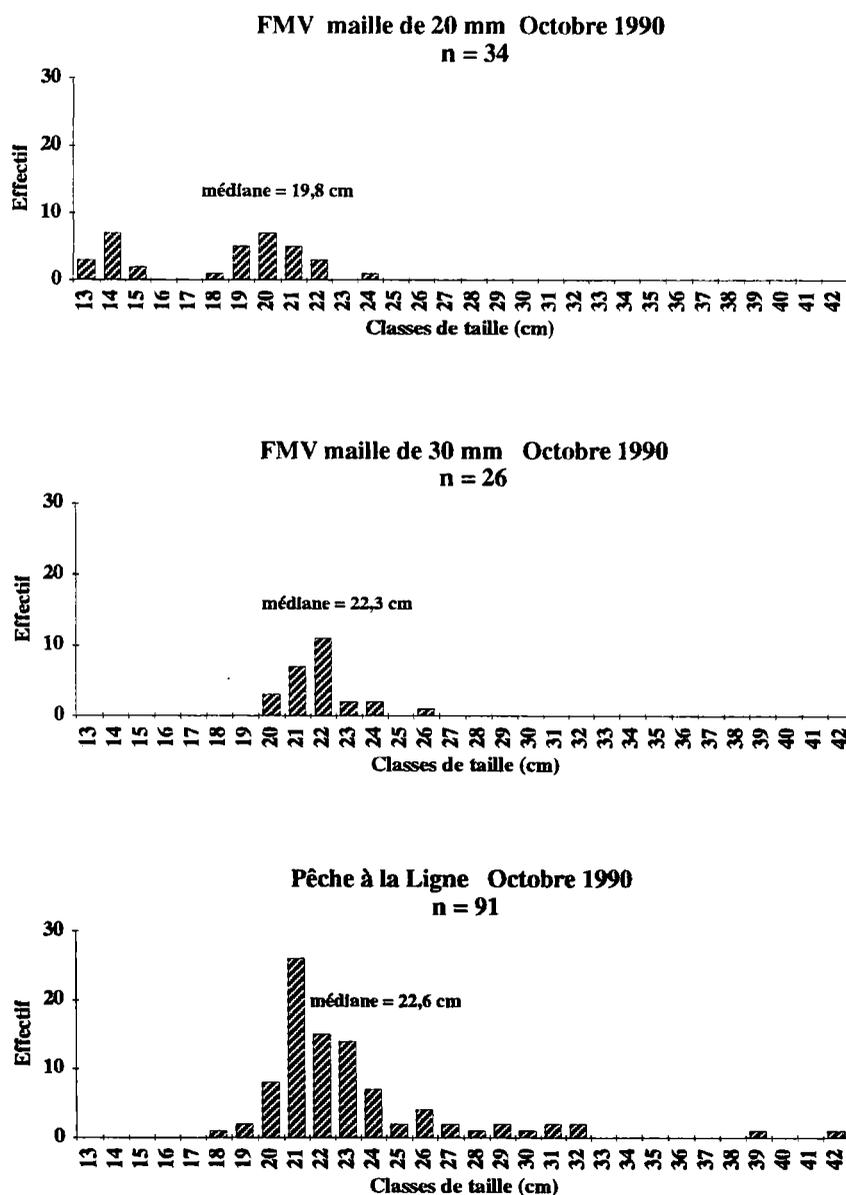


Figure 33: Comparaison des structures des captures entre les filets maillants verticaux (mailles de 20 et 30 mm) et la pêche à la ligne, Octobre 1990.

En combinant toutes les données de toutes les pêches, nous remarquons que seuls les filets maillants traditionnels ainsi que la pêche électrique (fig.34) ont permis de capturer des perches de petites tailles. Par la suite, même en utilisant des mailles de 10 mm dans les filets maillants verticaux, les petits individus ne sont pas pêchés. La pêche à la ligne, par sa sélectivité, permet de capturer des perches de grande taille, équivalentes à celles pêchées dans les FMV de maille de 30 mm. Il semble donc y avoir des variations interannuelles dans les effectifs des classes de taille liées à la fois aux engins et aux problèmes de recrutement (ceci est confirmé les années suivantes de 1992 à 1994).

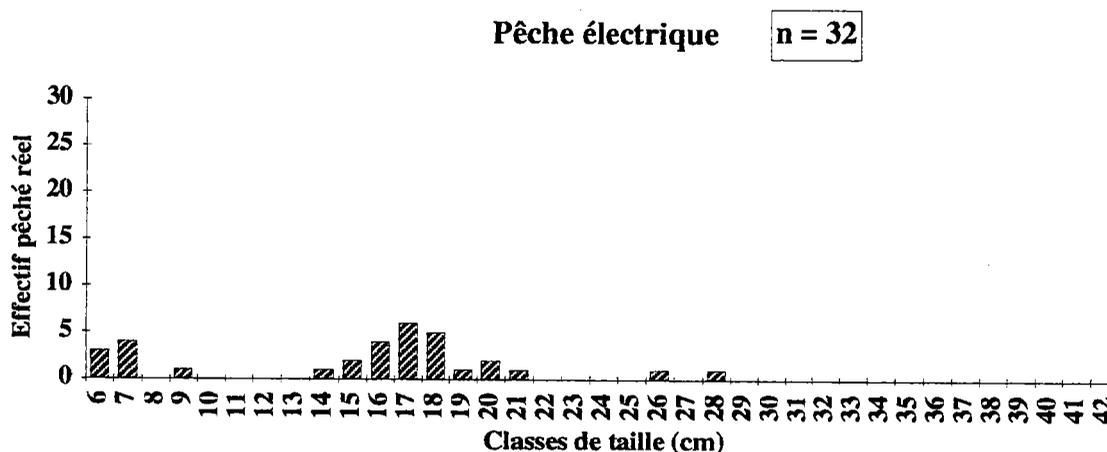


Figure 34: Distribution de fréquences de taille de la perche capturée à la pêche électrique dans le réservoir du Mirgenbach .

3.2. Résultats de la sélectivité

Pour cette étude, nous avons comparé les captures de perches dans les filets de maille de 20 et 30 mm, 25 et 40 mm pour les filets maillants traditionnels en 1987 uniquement (effectif élevé des captures) et de vide de maille 10, 20 et 30 mm pour les filets maillants verticaux en 1990-1991.

Pour les filets maillants traditionnels de mailles 20, 25 et 40 mm, la classe de taille modale des captures utilisée pour le calcul de CS^{11} correspond au mode de la courbe Sr^{11} et aux captures disponibles. En revanche, la classe de taille modale de CS du filet 30 mm est décalée vers la droite de 2 classes par rapport au CD^{11} (tableau XIII).

¹¹ Voir la liste des abréviations au bas du tableau XIII.

La même tendance se retrouve pour les filets maillants verticaux où seule la classe de taille modale de CS du filet 30 mm est décalée vers la droite de 1 classe par rapport au CD. Les valeurs pour les 2 autres filets concordent (tableau XIII).

Les corrélations entre les longueurs totales des perches et les L_n (C2/C1) pour tous les filets sont représentées figures 35, 36, 37 et 38. Seule la figure 35 a un coefficient de corrélation moins significatif que les autres. Les courbes de sélectivité pour les filets maillants traditionnels sont représentées figures 39 et 40. La figure 41 illustre la sélectivité des filets maillants verticaux.

La sélectivité de chaque filet étant ainsi déterminée, nous pouvons représenter les histogrammes de fréquences de taille des perches échantillonnées par ces engins; cela nous permet de visualiser la structure de la population disponible de l'espèce (fig. 42 et 43).

La méthode de Holt (1963) utilisée dans cette étude a été cependant critiquée par d'autres auteurs (Hamley & Régier, 1973; Hamley, 1975) dans la mesure où certaines hypothèses de départ ne sont pas toujours vérifiées (existence d'une proportionnalité entre l'ouverture de la maille et la longueur du poisson la plus capturée; sélectivité distribuée normalement en fonction de la longueur du poisson L avec une variance constante). L'écart-type n'est pas toujours identique. Il faut donc être prudent quant à l'interprétation des résultats.

Gerster (1995) a étudié la sélectivité des filets envers la perche (*Perca fluviatilis*) en Suisse. Plusieurs questions sont posées par l'auteur :

- est-ce que toutes les tailles de poissons sont représentatives des tailles de maille des filets choisis?
- quels groupes d'âge sont sélectionnés par les différents filets?
- est-ce que la sélectivité est représentative pour tous les poissons dans la zone échantillonnée? Si oui, peut-on extrapoler à une plus grande échelle?
- A quelles périodes de l'année faut-il pêcher pour perdre le moins d'informations. D'après Gerster (1995), des pêches d'août à octobre seraient suffisantes.

Tableau XIII: Détermination de la sélectivité des différents filets pour la perche (méthode de Holt, 1963).

A: Filets maillants traditionnels, 1987

B: Filets maillants verticaux, 1990-1991

A		20 mm			30 mm			25 mm			40 mm		
Classes de taille (cm)	CC	CS	Sr	CD									
9,6-10,5	10	6	0,08		0	0,00		4	0,00				
10,6-11,5	11	5	0,14		0	0,00		1	0,00			0,00	
11,6-12,5	12	2	0,21		0	0,00		1	0,00			0,00	
12,6-13,5	13	5	0,30		0	0,00		1	0,00			0,00	
13,6-14,5	14	5	0,41		0	0,00		0	0,01			0,00	
14,6-15,5	15	1	0,54	1,85	0	0,00		0	0,02			0,00	
15,6-16,5	16	0	0,67	0,00	0	0,00		0	0,04			0,00	
16,6-17,5	17	0	0,80	0,00	0	0,00		0	0,10			0,00	
17,6-18,5	18	0	0,91	0,00	0	0,01		0	0,20			0,00	
18,6-19,5	19	9	0,98	9,18	0	0,02		20	0,36			0,01	
19,6-20,5	20	16	1,00	16,00	2	0,06		22	0,56	39,29		0,03	
20,6-21,5	21	6	0,98	6,12	3	0,14		19	0,78	24,36		0,09	
21,6-22,5	22	3	0,91	3,30	2	0,28		25	0,94	26,60		0,23	
22,6-23,5	23	5	0,80	6,25	10	0,49		45	1,80	45,00	9	0,48	
23,6-24,5	24	3	0,67	4,48	14	0,73	19,18	33	0,94	35,11	27	0,77	35,06
24,6-25,5	25	2	0,54	3,70	12	0,92	13,05	5	0,78	6,41	35	0,97	36,08
25,6-26,5	26	0	0,41		17	1,00	17,00	2	0,56	3,57	35	0,97	36,08
26,6-27,5	27	0	0,30		11	0,92	11,96	0	0,36		16	0,77	20,78
27,6-28,5	28	0	0,21		12	0,73	16,44	0	0,20		15	0,48	
28,6-29,5	29	0	0,14		7	0,49		0	0,10		11	0,23	
29,6-30,5	30	0	0,08		4	0,28		0	0,04		9	0,09	
30,6-31,5	31	0	0,05		1	0,14		0	0,02		2	0,03	
31,6-32,5	32	0	0,03		1	0,06		0	0,01		2	0,01	
32,6-33,5	33	0	0,02		0	0,02		0	0,00		1	0,00	

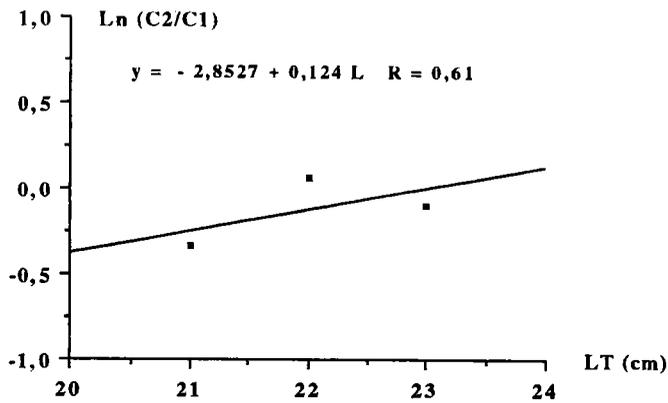
B		10 mm			20 mm			30 mm		
Classes de taille (cm)	CC	CS	Sr	CD	CS	Sr	CD	CS	Sr	CD
11,6-12,5	12	1	0,00		0	0,01		0	0,00	
12,6-13,5	13	1	0,00		3	0,02		1	0,00	
13,6-14,5	14	1	0,01		22	0,04		0	0,00	
14,6-15,5	15	3	0,03		42	0,10		0	0,00	
15,6-16,5	16	2	0,07		47	0,20		0	0,00	
16,6-17,5	17	1	0,16		17	0,36		1	0,00	
17,6-18,5	18	2	0,31		18	0,56	32,14	0	0,00	
18,6-19,5	19	3	0,51	5,88	20	0,78	25,64	3	0,04	
19,6-20,5	20	13	0,74	17,57	50	0,94	53,19	23	0,25	
20,6-21,5	21	7	0,93	7,53	65	1,00	65,00	74	0,71	104,22
21,6-22,5	22	14	1,00	14,00	43	0,94	45,74	88	1,00	88,00
22,6-23,5	23	0	0,93	0,00	7	0,78	8,97	26	0,71	36,62
23,6-24,5	24	0	0,74	0,00	2	0,56	3,57	6	0,25	
24,6-25,5	25	0	0,51	0,00	1	0,36		2	0,04	
25,6-26,5	26	0	0,31		1	0,20		1	0,00	
26,6-27,5	27	0	0,16		0	0,10		0	0,00	
27,6-28,5	28	0	0,07		0	0,04		0	0,00	
28,6-29,5	29	0	0,03		0	0,02		0	0,00	
29,6-30,5	30	0	0,01		0	0,01		0	0,00	
30,6-31,5	31	0	0,00		0	0,00		0	0,00	
31,6-32,5	32	0	0,00		0	0,00		0	0,00	
32,6-33,5	33	0	0,00		0	0,00		0	0,00	
33,6-34,5	34	0	0,00		0	0,00		0	0,00	
34,6-35,6	35	0	0,00		0	0,00		0	0,00	

CC: Centre de classe

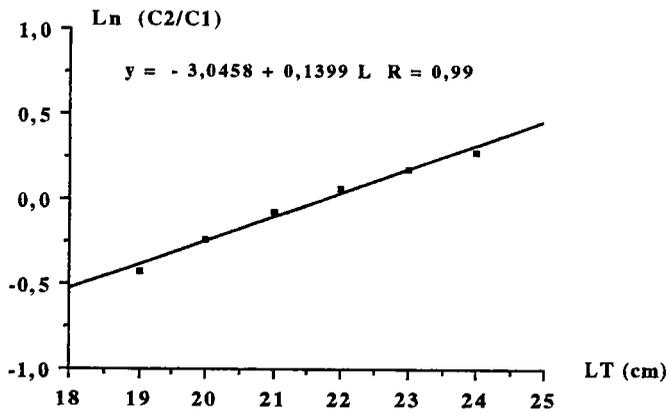
CS: Captures utilisées pour le calcul de la sélectivité

Sr: indice de sélectivité relative

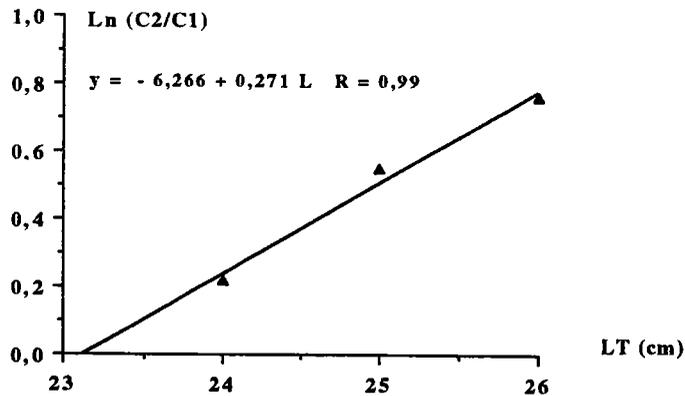
CD: Captures disponibles



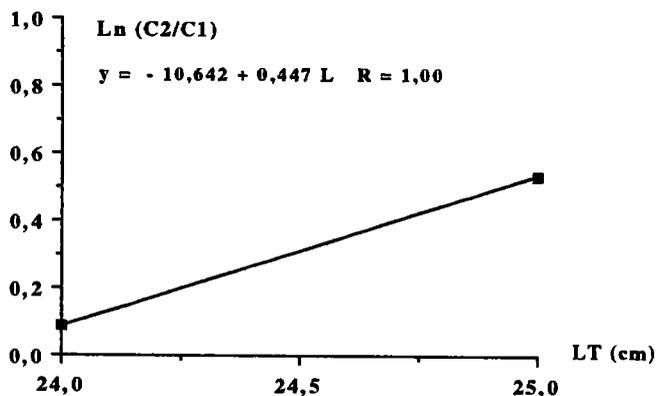
**Figure 35: Droite de régression entre LT et Ln (C2/C1)
FMV de 20 et 30 mm 1990-1991 *Perca fluviatilis***



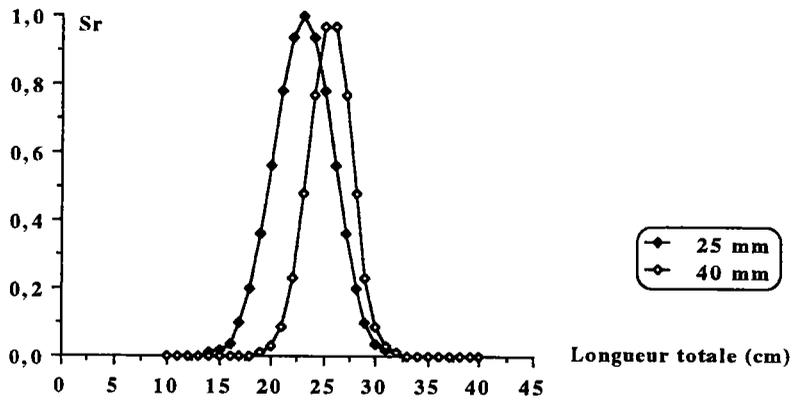
**Figure 36: Droite de régression entre LT et Ln (C2/C1)
FMV de 10 et 20 mm 1990-1991 *Perca fluviatilis***



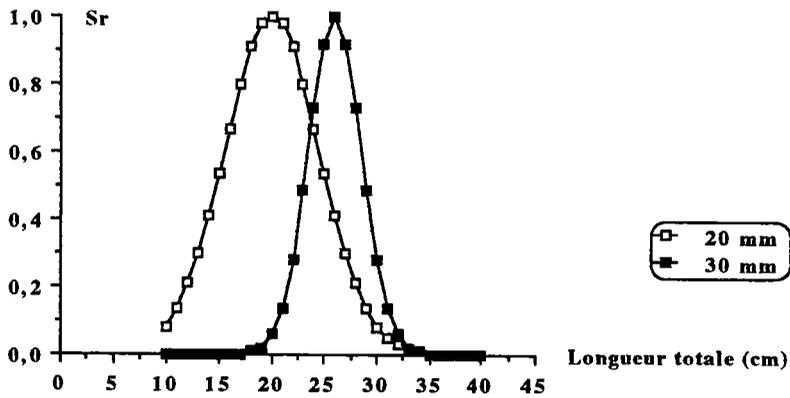
**Figure 37: Droite de régression entre LT et Ln (C2/C1)
FMT de 25 et 40 mm 1987 *Perca fluviatilis***



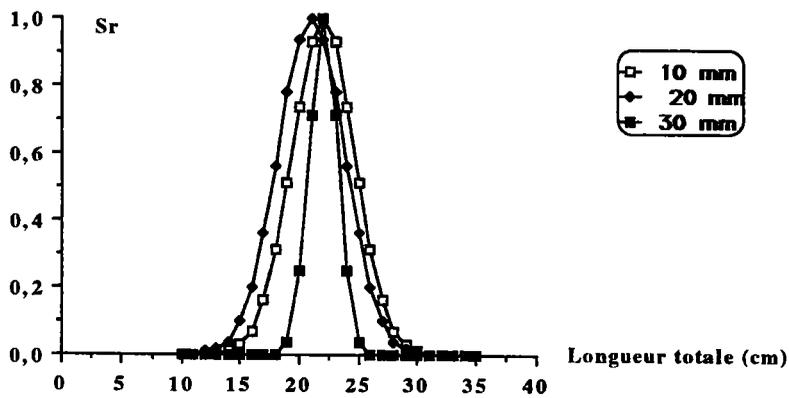
**Figure 38: Droite de régression entre LT et Ln (C2/C1)
FMT de 20 et 30 mm 1987 *Perca fluviatilis***



**Figure 39: Courbes de sélectivité des FMT de 25 et 40 mm
1987 (méthode de Holt, 1963)**



**Figure 40: Courbes de sélectivité des FMT de 20 et 30 mm
1987 (méthode de Holt, 1963)**



**Figure 41: Courbes de sélectivité des FMT de 10, 20 et 30 mm
1990-1991 (méthode de Holt, 1963)**

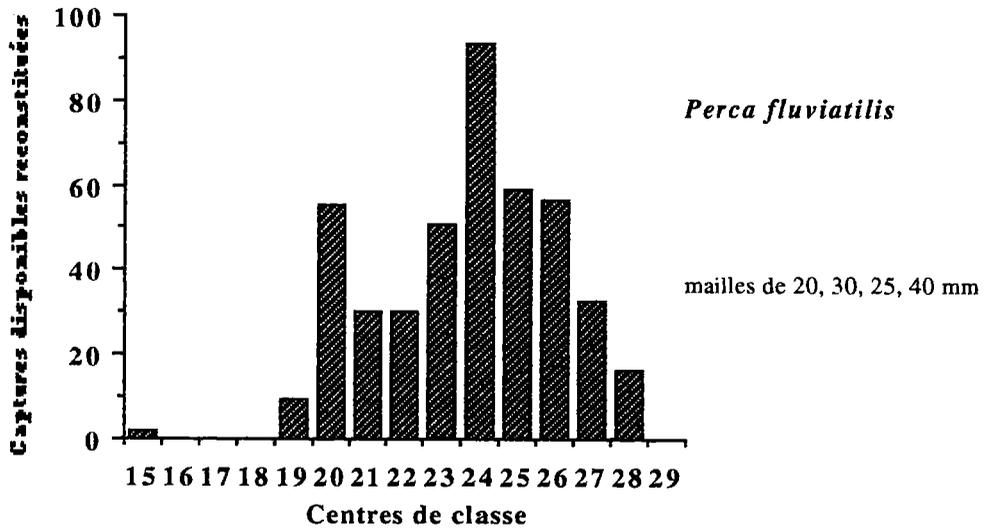


Figure 42: Perche disponible par FMT dans le réservoir du Mirgenbach 1987

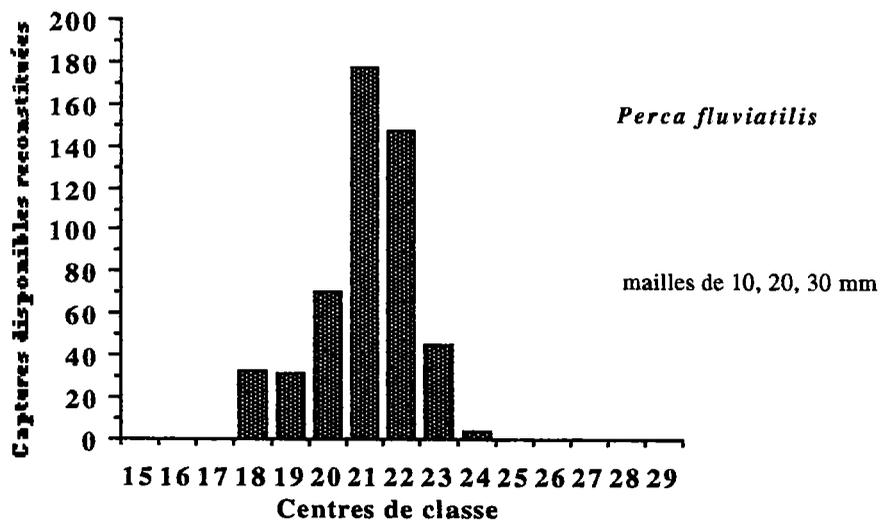


Figure 43: Perche disponible par FMV dans le réservoir du Mirgenbach 1990-1991

3.3. Evolution spatio-temporelle des captures

3.3.1. Evolution temporelle des perches capturées aux filets maillants

*les filets maillants traditionnels

Durant la période de 1987 à 1990, les captures (tableau IX) de perche montrent un premier déclin (fig. 44). L'évolution temporelle au niveau des stations des captures de perche suggère un déplacement de l'espèce vers la station g. En 1987, les perches abondent dans la station a et de façon moindre dans les stations e et b. En 1989, 1990 et 1991, seules quelques perches sont pêchées à proximité de la station g. Aucune perche n'est récoltée dans les autres stations.

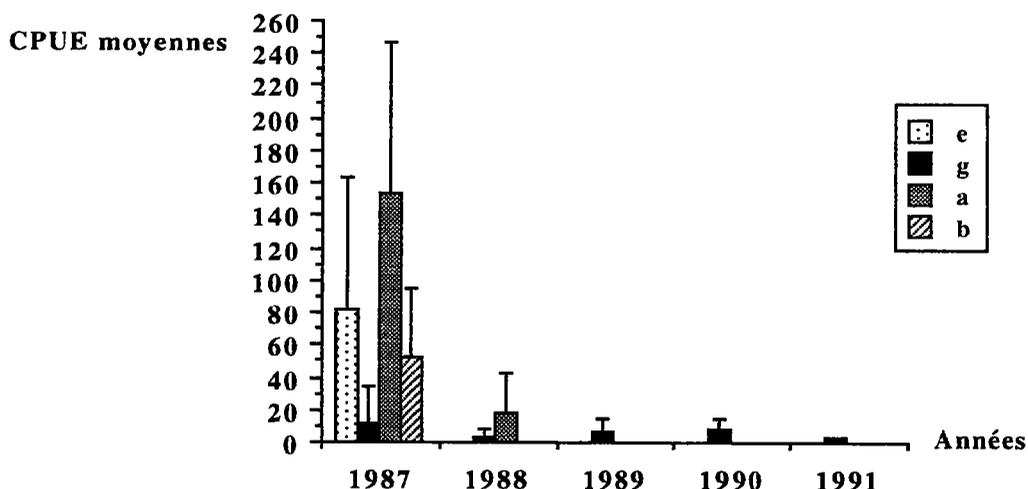


Figure 44: Captures moyennes par unité d'effort (CPUE = Nombre de perches x 100/m² de filet/h) des perches pêchées dans les 4 stations littorales échantillonnées aux filets maillants traditionnels (1987-1991).

*les filets maillants verticaux

Afin de montrer une évolution pluriannuelle, les captures de novembre 1990 à février 1993 sont analysées par regroupements saisonniers. les CPUE globales des stations A, C, F et G déclinent (tableau XIV).

Tableau XIV: Evolution des captures avec les FMV par unité d'effort (CPUE = Nombre de perches capturées par les 6 filets pendant 24 heures) au cours des périodes semestrielles dans les stations A, C, F et G.

Captures Par Unité d'Effort				
Périodes	1990/1991	1991	1992	1992/1993
Automne-hiver (novembre à février)	89,5 (1)			4 (4)
Été-automne (juillet à novembre)		77 (2)	18 (3)	

(1) campagnes du 11/1990 et du 02/1991

(2) campagnes du 07/1990 et du 10/1991

(3) campagnes du 07/1992 et du 09/1992

(4) campagnes du 11/1992 et du 02/1993

Afin de montrer le deuxième déclin de la population de perche entre 1990 et 1993, nous avons illustré les captures en CPUE moyennes dans toute la colonne d'eau des stations de 5 m échantillonnées aux filets maillants verticaux mais également dans la tranche d'eau 0-2 m équivalent à la hauteur des nappes des filets maillants horizontaux (fig. 45). Les stations choisies sont comparables à celles échantillonnées avec les FMT. L'expression des résultats obtenus est homogénéisée avec celui de la fig. 44; les indices de variation d'abondance ont les mêmes unités. Avec la pêche aux filets maillants verticaux, il y a absence de perche dans la tranche d'eau 0-2 m. On remarque des effectifs élevés en février 1991 et en juin de la même année; vient ensuite une chute progressive puis brutale jusqu'en 1993 quelle que soit la hauteur d'eau considérée. C'est essentiellement dans la station G que nous retrouvons le carnassier avec les FMV comme l'illustre également la fig. 44 avec les FMT.

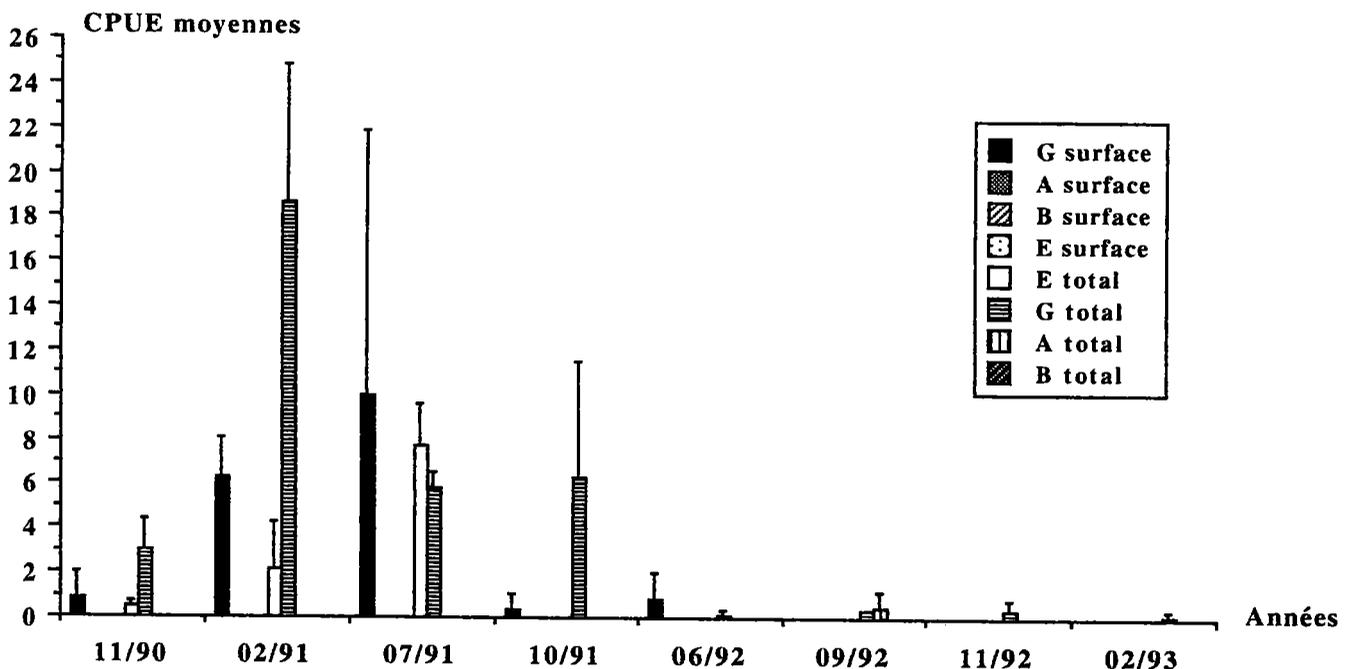


Figure 45: Stations littorales FMV; évolution des CPUE moyennes dans toute la colonne d'eau et en surface 0-2 m (CPUE = Nombre de perches x 100/m²/h) dans les stations A, B, E et G (fin 1990 à début 1993).

3.3.2. Evolution spatiale des perches

Cette étude repose sur l'analyse des captures de perches dans les FMV, de novembre 1990 à octobre 1991, lorsque l'échantillonnage est pratiqué dans les 8 stations.

*Analyse des CPUE et de la répartition verticale (fig. 46 et 47)

Parmi les stations pélagiques ou semi-pélagiques (C, H, D et F), la station C est la plus pauvre (7 perches); il s'agit de la station proche du rejet des eaux échauffées en

provenance de la centrale. Dans la station littorale la plus riche (Station G), il est capturé 40% des effectifs totaux (233 perches) (fig. 46).

Dans les stations semi-pélagiques et pélagiques (D, H, F), les pêches de juin représentent 84% des effectifs. Ces proportions sont significativement plus faibles dans les 4 stations littorales (32%). Dans la station G, un nombre important de perches est relevé en février 1991, avant la période de reproduction qui intervient à la première quinzaine d'avril. Cette zone (corne Nord-Est) abrite la frayère la plus importante si l'on se réfère à l'existence de nombreux herbiers et à la présence de rubans de ponte et d'alevins. Cette zone correspond aux prises les plus régulières durant les années d'étude. Les classes de taille obtenues dans cette zone sont souvent élevées; il faudrait continuer à observer cette corne pour le recrutement des années suivantes.

Quelle que soit la station, aucune perche n'est capturée dans le premier mètre sous la surface (fig. 47). La répartition verticale, au-delà du premier mètre, des perches diffère selon que les stations soient littorales ou pélagiques.

Dans les stations littorales, les perches abondent en profondeur; 50% des effectifs sont récoltés entre 4 et 5 m en juin et 75% en automne et en février. Dans les stations pélagiques au sens large (C, D, F, H), les perches sont plus rares au fond. Dans les stations F et D, de 15 et 20 m de profondeur respective, 10% des poissons sont piégés dans les 4 derniers mètres (12/122). Dans les stations de 12 m de profondeur (C et H; la station C n'est pas représentée dans la figure 47 car l'effectif des captures est peu significatif), 50% des perches sont réparties de part et d'autre de la hauteur médiane. Cependant en juin, les perches sont localisées préférentiellement dans la moitié supérieure alors qu'elles sont plus présentes dans la moitié inférieure de l'automne à l'hiver (fig. 47).

*Analyse factorielle des correspondances simples

Pour traduire une répartition de la perche dans le réservoir au moyen des filets verticaux, une analyse factorielle des correspondances simples (AFCs) est effectuée. Celle-ci prend en compte les 7 stations testées A, B, D, E, F, G, H (individus actifs), et les effectifs des captures de perches en fonction des saisons et de la maille utilisée.

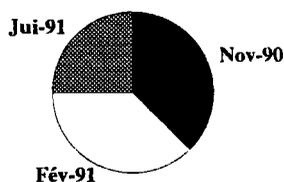
Les caractéristiques morphologiques qui distinguent les différentes stations sont celles utilisées pour l'analyse du peuplement dans le paragraphe 2.3. Il faut noter l'exclusion volontaire de la station C et celle des mailles supérieures à 40 mm dans l'AFCs: la très

faible capture de l'espèce dans ces conditions pouvait biaiser l'analyse par le poids important qu'elle aurait eu dans les calculs.

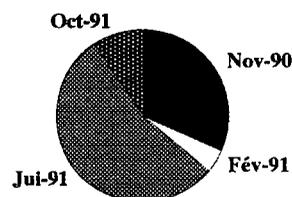
L'histogramme des valeurs propres (fig.48a) indique que 58 % de l'inertie totale du nuage de points est expliquée par le premier axe de l'AFCs.

STATIONS LITTORALES

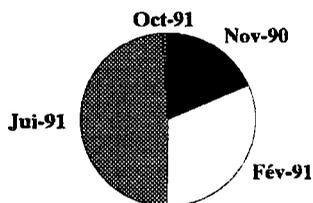
Station A. n = 40



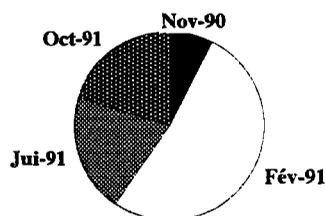
Station B. n = 44



Station E. n = 107

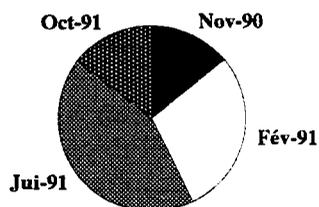


Station G. n = 233

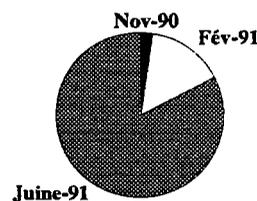


STATIONS SEMI-PELAGIQUES

Station C. n = 7

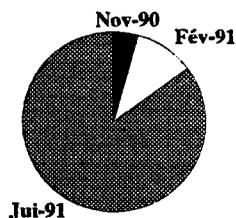


Station H. n = 74



STATIONS PELAGIQUES

Station D. n = 66



Station F. n = 56

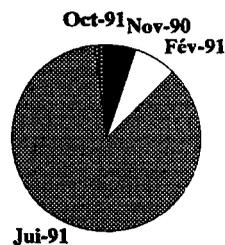


Figure 46: Pourcentages saisonniers des effectifs de perches capturées dans les filets maillants verticaux, par station (novembre 1990 à octobre 1991).

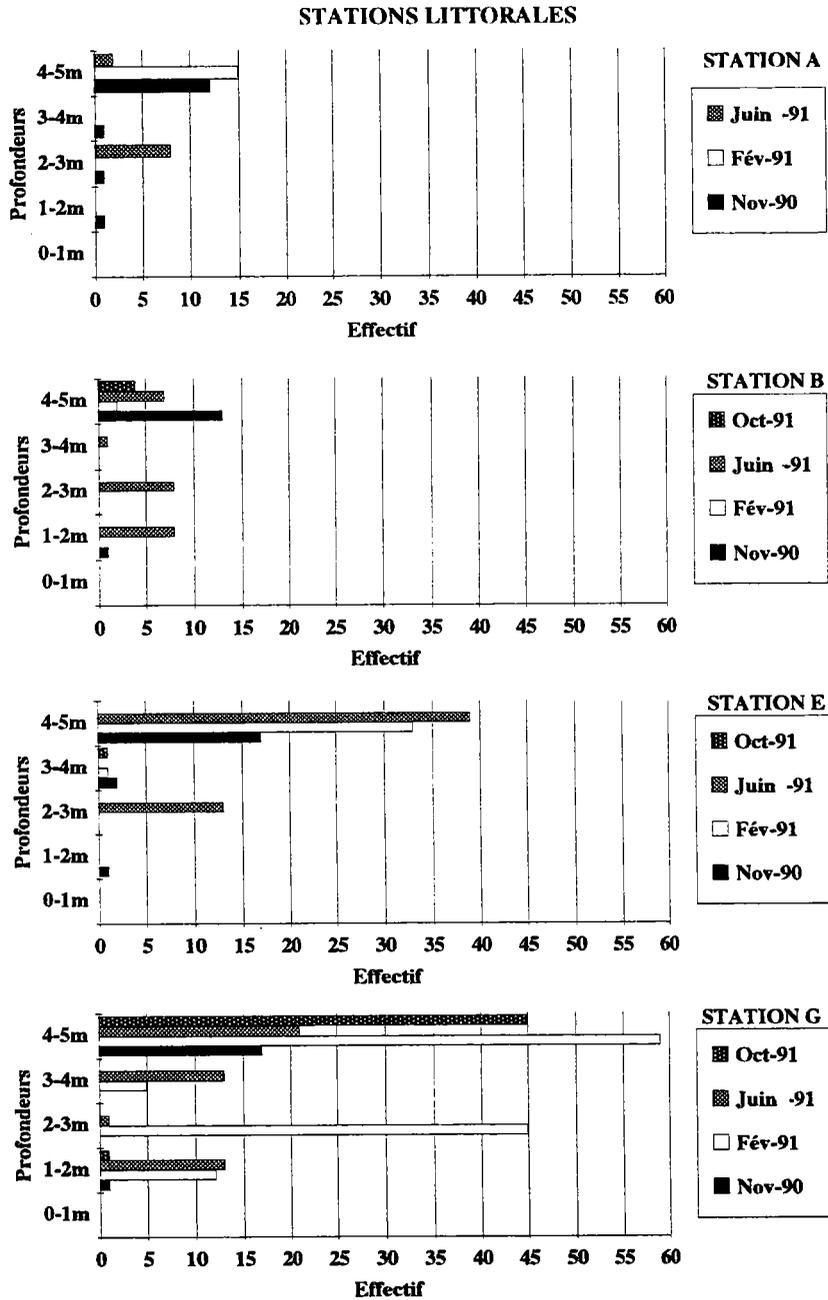
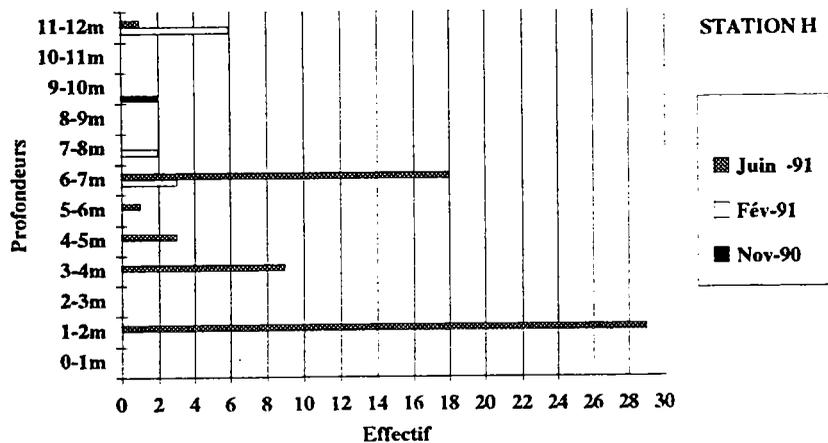


Figure 47: Répartition verticale des perches capturées dans les FMV regroupées par station et par campagne de pêche (novembre 1990 à octobre 1991). Si, dans certaines stations comme A, D et H, octobre 1991 n'apparaît pas, c'est qu'il n'y a pas eu de captures à cette période.

STATION SEMI-PELAGIQUE



STATIONS PELAGIQUES

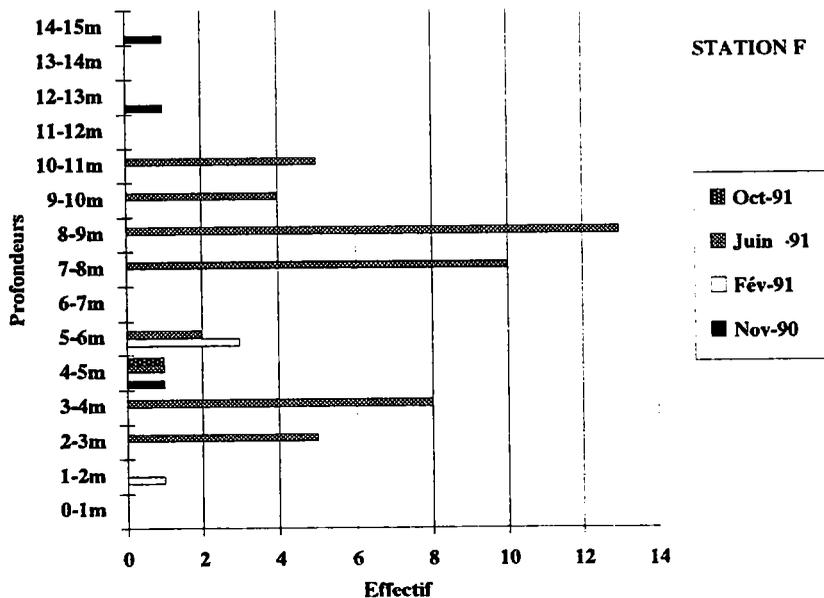
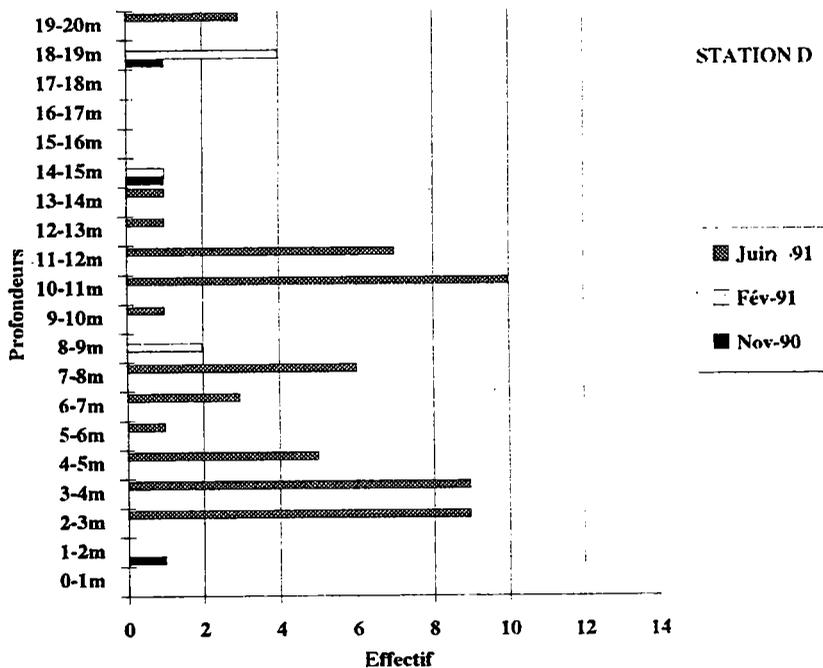


Figure 47: suite

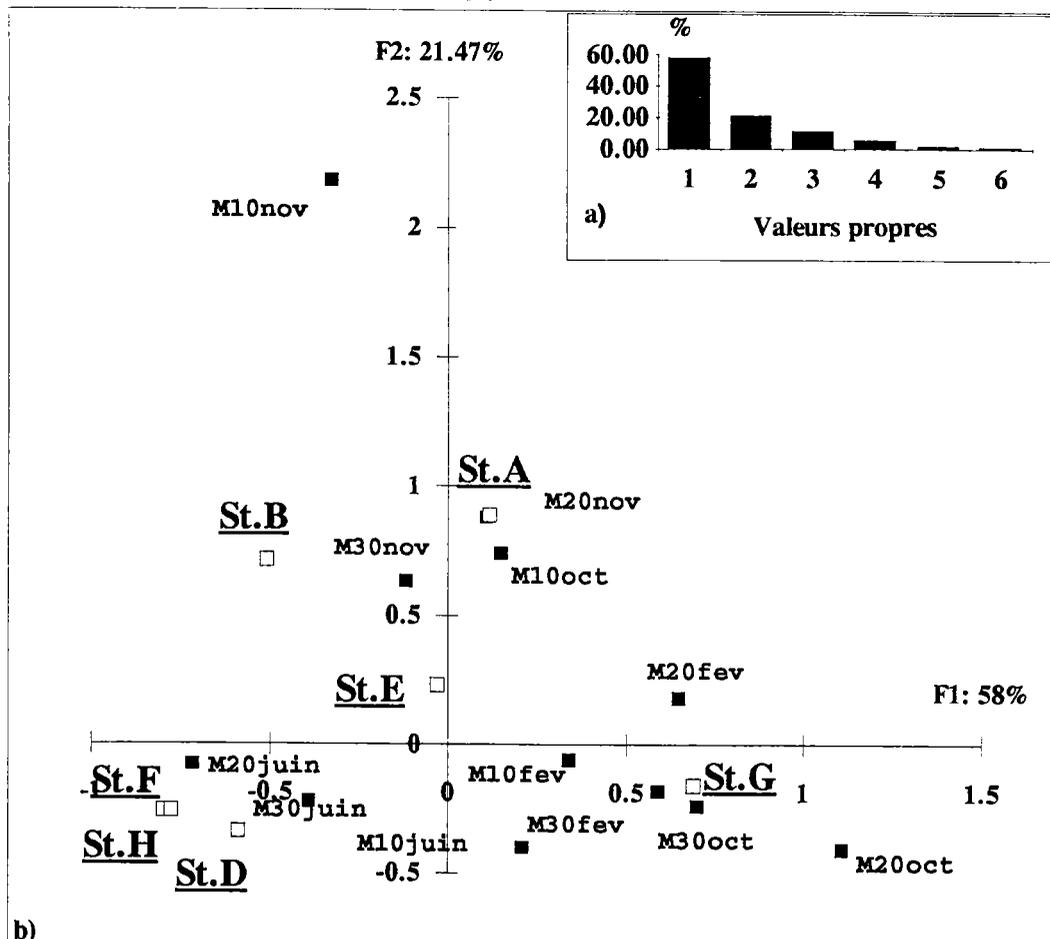


Figure 48: Ordination des stations, variables modales et captures de perche par analyse factorielle des correspondances simples.
a. histogramme des valeurs propres
b. distribution des variables, stations (carrés blancs) et captures des perches (carrés noirs) sur le plan F1 x F2.

En ce qui concerne l'AFC (fig. 48b), celle-ci permet de mettre en évidence des zones préférentielles de la perche en fonction des saisons. Quelle que soit la maille utilisée, nous retrouvons l'essentiel des perches dans les stations A et B durant le premier automne, en 1990.

En février 1991, la perche est prépondérante dans la station G, station où l'on retrouve l'essentiel des géniteurs. Cette station est l'aire de reproduction la plus importante de la retenue. La fraie se déroule mi-mars quand les eaux atteignent une température de 12 °C.

En été, nous retrouvons la perche dans les stations les plus profondes quelle que soit la maille utilisée. Ces stations semblent être une aire de déplacement pour l'espèce. Enfin, en octobre 1991, la majorité des poissons se retrouve dans la station G et non plus dans les stations A et B. Cette évolution peut être due à la présence du sandre dans les stations A et B. Ce poisson, prédateur de la perche, serait à l'origine du déplacement de la perche vers la station G. La station E, par sa position centrale dans l'AFC, est une station de

déplacement où l'on retrouve la perche pratiquement toute l'année. La figure 49 résume les déplacements de la perche au sein du lac.

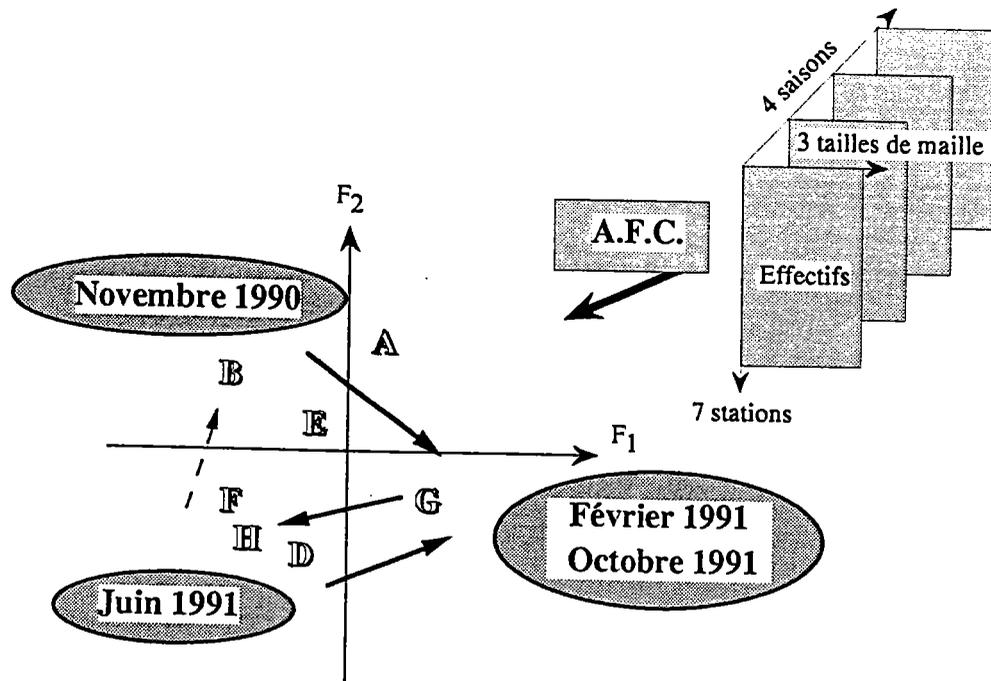


Figure 49: Schéma simplifié des déplacements de la perche entre l'automne 1990 et l'automne 1991 au sein du réservoir du Mirgenbach.

3.4. Commentaire

Les premières pêches effectuées avec les filets maillants traditionnels se sont déroulées dans un milieu lacustre récent (1987), moins de deux ans après la création du réservoir.

Après cette année 1987, le déclin rapide des captures a nécessité la mise en oeuvre de nouveaux protocoles d'échantillonnage. La pêche à la ligne a apporté de bons résultats. Cette méthode sélective pour les carnassiers adultes n'a pas permis de pêcher de petites tailles. Nous noterons que cette méthode ainsi que la pêche électrique (réalisée lors d'une campagne sur les rives du réservoir avec le matériel "Héron") sont les moins nuisibles pour l'espèce. La pêche électrique n'a pas fourni les résultats escomptés mais a permis la capture de petites perches ($n = 32$, moyenne = $15,5 \pm 5,55$ cm). Cela aurait dû être renouvelé à l'automne de chaque année pour observer le recrutement de la perche. Nous avons retenté l'expérience en décembre 1989; aucune perche n'a été capturée en bordures, ni dans les cornes du réservoir.

Les perches récoltées à la pêche à la ligne mesurent de 15 à 42 cm. La distribution des tailles des captures est décalée vers les plus grandes tailles de la structure des perches récoltées dans les filets maillants verticaux de maille 20 mm. En revanche, elle est

comparable à celle des perches capturées dans les filets maillants verticaux de maille 30 mm, ce qui peut valider la pêche à la ligne. Cependant dans FMT de maille de 30 mm, la taille maximale des individus atteint 26 cm. La pêche à la ligne permet la récolte d'individus de plus grande taille présents seulement dans les filets maillants verticaux de maille supérieure (40, 50 et 60 mm) que nous avons employé fin 1990 et en 1991.

Il existe une progression des tailles des perches avec l'augmentation de la maille dans les FMV. Du fait de l'absence de captures de petits individus, la différence n'est pas significative pour les mailles de 10 et 20 mm. La morphologie de la perche, sa peau rugueuse, les rayons épineux de sa première nageoire dorsale et son opercule épineux, facilitent la capture d'individus de grande taille dans les plus petites mailles.

Les CPUE déclinent de 1987 à 1990 dans les filets maillants traditionnels puis de 1991 à 1993 (tableau XIV; fig. 44 et 45) dans les filets maillants verticaux. Ces résultats convergents peuvent s'expliquer par des causes diverses.

Parmi les raisons méthodologiques, la pression de pêche expérimentale peut être écartée car d'une part, elle est réduite à l'échelle du plan d'eau, d'autre part, les poissons capturés dans les filets maillants traditionnels sont relâchés après un marquage operculaire. En second lieu, ces variations d'abondance pourraient traduire la modification de la répartition spatio-temporelle de l'espèce au cours du cycle d'étude. Cette solution ne doit pas être écartée dans le cas des pêches aux filets maillants traditionnels; l'échantillonnage était alors réduit à la tranche d'eau de surface, dans le domaine littoral. Le déplacement des poissons vers le large ou en secteur plus profond n'est pas vérifié par l'expérimentateur. Le protocole d'échantillonnage adopté lors de l'emploi des filets maillants verticaux lève cette réserve méthodologique. Les engins sont immergés dans l'ensemble de la colonne d'eau de plusieurs stations littorales et pélagiques.

Deux autres causes principales peuvent expliquer ce déclin: des causes anthropiques (pêche de loisir) et environnementales (eutrophisation du milieu). Une période de pêche sportive intensive au moyen de cuillers est constatée le deuxième semestre 1987. Les poissons carnassiers comme la perche (surtout des géniteurs) ont été la cible des pêcheurs amateurs. Le même scénario s'est reproduit plus récemment au cours du second semestre 1991. Cette baisse des captures de perche durant ces deux périodes peut être comparée à l'évolution des captures de perche du lac Léman, France (Lang et Lang, 1983); l'exploitation intense de la part des pêcheurs semble en être une des causes majeures. La fragilité du peuplement de perche nécessite une gestion halieutique.

L'abondance de la perche et du gardon dans un milieu varie en fonction du gradient trophique de celui-ci. La perche a tendance à dominer dans les milieux mésotrophes alors que le gardon domine dans les milieux eutrophes (Leach *et al*, 1977).

L'augmentation progressive du degré trophique dans un milieu tend à réduire le stock de la perche tandis que celui du gardon augmente (Diehl, 1988; Persson, 1983 a, b, c; Persson, 1986). C'est le cas du réservoir du Mirgenbach, où l'augmentation des paramètres trophiques (Vein *et al.*, 1990) et physico-chimiques ont permis au gardon de se développer (Marzou, thèse en cours) au dépens de la perche. Le prélèvement de la perche a pu également permettre au gardon de se développer puisque les ressources alimentaires qu'ils ingèrent sont les mêmes dans leur jeune âge.

Globalement, l'échantillonnage de l'ichtyofaune lacustre à l'aide des batteries de filets verticaux paraît constituer la technique la plus efficace et la plus intéressante dans ce plan d'eau. Ces séries de 6 filets sont appropriées à un échantillonnage sélectif et répétitif de la masse d'eau (Grandmottet et Vaudaux, 1989). Ce dispositif a fait preuve de son efficacité sur d'autres plans d'eau français (Degiorgi et Grandmottet, 1992) et est de plus en plus utilisé (Degiorgi *et al.*, 1993). Les résultats obtenus sur le réservoir du Mirgenbach se rapprochent de ceux des autres écosystèmes lacustres échantillonnés avec cette méthode, à savoir : d'une part, un nombre important d'espèces a pu être recensé dans le lac (cependant l'anguille *Anguilla anguilla* L., de part sa forme très allongée et lisse, a été observée mais non capturée) d'autre part, cet engin de capture ne présente pas d'inconvénient technique quant au vrillage et à la dérive des filets.

Les filets verticaux permettent d'avoir une image de la structure spatio-temporelle du peuplement ichtyologique dans le réservoir. De part l'absence de thermocline, les perches occupent en juin presque l'intégralité de la colonne d'eau dans les stations littorales et pélagiques. D'ailleurs, c'est à cette période qu'elles sont les plus abondantes dans le domaine pélagique. Le reste de l'année, les poissons sont observés essentiellement en stations littorales à proximité du fond. Enfin, en ce qui concerne l'AFCs, l'analyse des captures aux FMV fin 1990 et 1991 montre que l'espèce a des zones saisonnières préférentielles, en particulier la station G en hiver.

Le facteur supplémentaire jouant un rôle important dans la distribution est la photopériode (Thorpe, 1977a; Eriksson, 1978). L'échelle d'activité de la perche est corrélée avec la température mais également avec la longueur du jour. Afin d'étudier ce phénomène, nous avons effectué des captures jour-nuit en 1992 et 1993 avec les filets maillants verticaux sur les stations A, C, F et G. L'effectif pêché extrêmement faible de perche (une trentaine d'individus) ne nous a pas permis d'observer des différences nycthémérales significatives dans les prises, mais ces pêches ont néanmoins confirmé la diminution des captures de l'espèce.

Une de nos principales recherches était également d'estimer le stock de la perche dans ce milieu récent. Malheureusement, l'échec fut considérable dans les recaptures puisque seulement 4 perches marquées furent repêchées et cela, la première année uniquement. Les hypothèses de cet échec sont émises en discussion générale.

4. Relation taille-poids; Age et croissance

4.1. Relation taille-poids

Cette relation permet d'estimer le poids des captures au vu des données de longueur échantillonnées sur le terrain. Dans une étude biologique, elle permet également de comparer les populations capturées à des moments différents.

La masse (g) et la longueur totale individuelle (cm) sont portées sur graphique en coordonnées normales et également en coordonnées logarithmiques (fig. 50) pour chaque année, de 1987 à 1991, afin de comparer les droites. Les valeurs obtenues permettent de tracer une relation logarithmique et une droite de régression dont les coefficients de corrélation sont élevés et proches de l'unité. Le taux d'allométrie, exprimant la façon dont le poids évolue en fonction de la longueur, varie de 2,92 à 3,08 sur ces 5 années. Les relations taille-poids issues des captures mensuelles de la perche sont illustrées en annexe 8.

Les relations sont également réalisées pour l'échantillon total (5 ans), les mâles et les femelles pour fin 1990 et l'année 1991 (fig. 51), cela prend en compte les poids totaux du poisson. Ces relations présentent un coefficient de corrélation proche de 1 (tableaux XV).

Tableau XV: Equations des relations taille-poids des populations de perche, des mâles et des femelles dans le réservoir du Mirgenbach.

Année	Relation linéaire	Relation logarithmique	coefficient de corrélation	N
1987	$W_t=0,0114(L_t)^{3,07}$	$\log W_t=-1,9448+3,07\log L_t$	R=0,98	523
1988	$W_t=0,0159(L_t)^{2,92}$	$\log W_t=-1,7975+2,92\log L_t$	R=0,96	367
1989	$W_t=0,0086(L_t)^{3,07}$	$\log W_t=-2,0657+3,07\log L_t$	R=0,95	212
1990	$W_t=0,0108(L_t)^{3,03}$	$\log W_t=-1,966 +3,03\log L_t$	R=0,98	350
1991	$W_t=0,0132(L_t)^{2,95}$	$\log W_t=-1,8821+2,95\log L_t$	R=0,99	555
5 ans	$W_t=0,0096(L_t)^{3,08}$	$\log W_t=-2,0185+3,08\log L_t$	R=0,98	2007
femelles	$W_t=0,0132(L_t)^{2,96}$	$\log W_t=-1,8822+2,96\log L_t$	R=0,98	216
mâles	$W_t=0,0261(L_t)^{2,71}$	$\log W_t=-1,5867+2,71\log L_t$	R=0,97	174

Nous avons réalisé une analyse de covariance ANCOVA au seuil $\alpha = 0,01$, entre les différentes droites obtenues. Cette analyse prend en compte les années 1987, 1988, 1989, 1990 et 1991 (tableau XVI) et les mâles et femelles (tableau XVII).

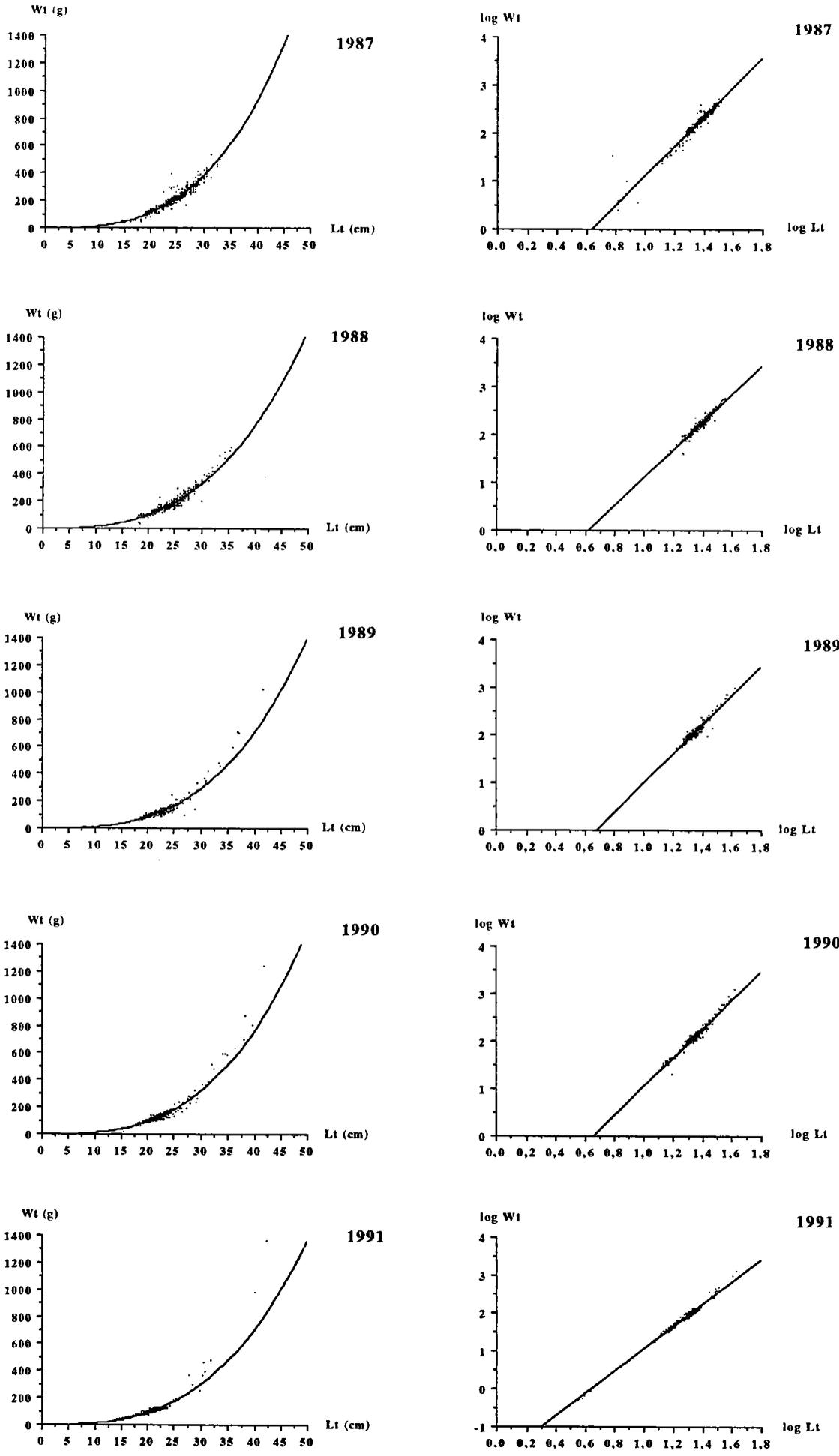


Figure 50: Relations taille-poids de la perche (poissons non-eviscérés) dans le réservoir du Mirgenbach.

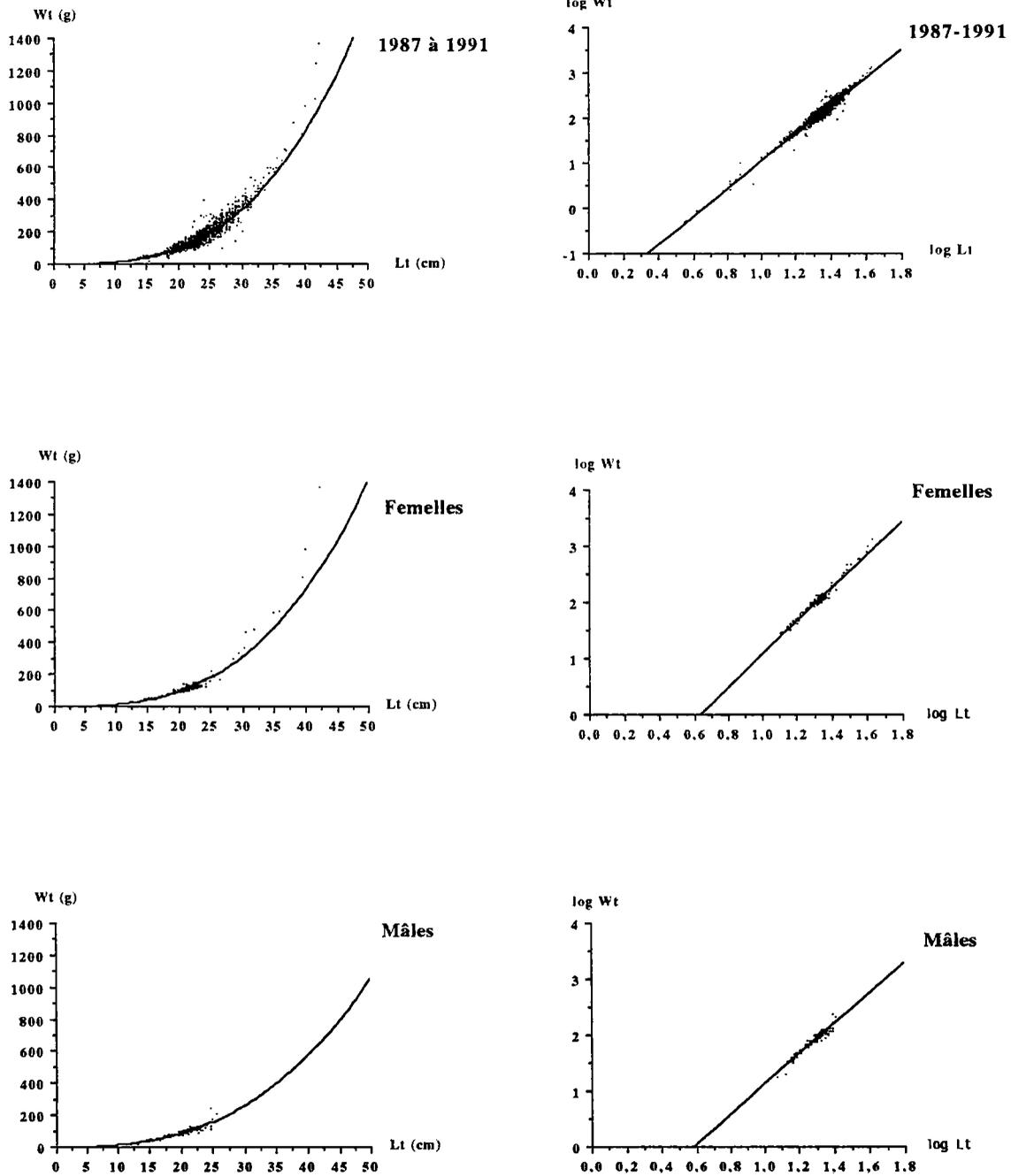


Figure 51: Relations taille-poids de l'échantillon total de perche (1987 à 1991), des femelles et des mâles (1990-1991) dans le réservoir du Mirgenbach.

Tableau XVI: Analyse de covariance : entre les années 1987, 1988, 1989, 1990 et 1991; entre les années 1987, 1988, 1989 et 1990; entre les années 1987, 1989 et 1990 et entre les années 1988 et 1991.

	Dr 1	Dr 2	Dr 3	Dr 4	Dr 5
n	523	367	212	350	555
S (x)	712,445	507,611	286,989	466,271	715,124
S (x ²)	975,228547	703,322823	389,284945	623,852677	927,113542
S (y)	1167,725	822,241	442,521	723,186	1068,992
S (y ²)	2653,191247	1853,614113	931,896085	1519,642864	2108,857738
S (xy)	1605,170656	1140,855364	601,44848	971,557704	1394,070891
moy x	1,362227533	1,38313624	1,353721698	1,332202857	1,288511712
moy y	2,232743786	2,240438692	2,087363208	2,066245714	1,926111712
var x	0,009035157	0,003354244	0,00370478	0,00769375	0,010230853
var y	0,088046953	0,031239241	0,03883427	0,07267304	0,089999507
cov xy	0,027707873	0,009792456	0,011365879	0,023287245	0,030076136
b	3,066673082	2,919423091	3,067895748	3,02677452	2,939748551
a	-1,944762723	-1,797521185	-2,065713834	-1,96603195	-1,861788725
r	0,982376953	0,956630238	0,947576398	0,984832629	0,9911652

N total	2007	
k	5	
F(pe)	d.d.l.	d.d.l.
5,39	4	2 001
SSS F(pe)	significatif	

	F(pe)	ddl	ddl	SSS F(pe)
1987, 1988, 1989, 1990	2,54	3	1447	non significatif
1987, 1989, 1990	0,49	2	1081	non significatif
1988, 1991	0,21	1	919	non significatif

Tableau XVII: Analyse de covariance entre les mâles et les femelles, 1990-1991.

	Dr 1	Dr 2
n	174	216
S (x)	224,599	283,926
S (x ²)	290,669197	374,673112
S (y)	333,528	434,467
S (y ²)	645,231472	887,186799
S (xy)	432,5724	575,420278
moy x	1,290798851	1,314472222
moy y	1,916827586	2,011421296
var x	0,004376104	0,006791962
var y	0,034195381	0,06181685
cov xy	0,011877693	0,020118489
b	2,714216561	2,962102623
a	-1,586680031	-1,882180321
r	0,970967254	0,98184807

N total	390	
k	2	
F(pe)	d.d.l.	d.d.l.
13,99	1	387
SSS F(pe) :	significatif	

Ces analyses de covariance montrent des différences significatives en ce qui concerne la comparaison entre les 5 années, mais également entre les sexes. Cela indique que la conformation des perches n'est pas constante. Ces différences ne sont alors plus significatives lorsque l'on compare les 4 premières années entre elles, ainsi que 1988 et 1991 (qui ont un coefficient d'allométrie inférieur à 3) ; et 1987, 1989 et 1990 (qui ont un coefficient d'allométrie supérieur à 3).

Ces différences dans les relations allométriques tiennent du fait que les campagnes de pêche ne se déroulent pas toujours à la même époque suivant les années. Cela dépend donc de l'évolution de la maturité sexuelle de la perche, de son comportement (le mâle se déplace plus en période de reproduction), mais également à l'évolution de son alimentation. Les coefficients d'allométrie varient suivant les régions; par exemple il est proche de 3,31 dans le lac d'Aydat (Jamet, 1991), de 3,41 aux Açores (Goubier *et al.*, 1983). Ces variations observées de ces valeurs dépendent de facteurs comme le reproduction, l'alimentation et peut-être la souche.

4.2. Age

4.2.1. Formation des anneaux d'arrêt de croissance

Les valeurs calculées de la marge relative montrent qu'il y a une seule marque d'arrêt de croissance chez la perche pendant l'année. Celle-ci correspond à l'hiver. Le comptage des *annuli* correspond donc aux arrêts hivernaux. Les valeurs de cette marge sont plus élevées pour les perches de 1+ (fig. 52).

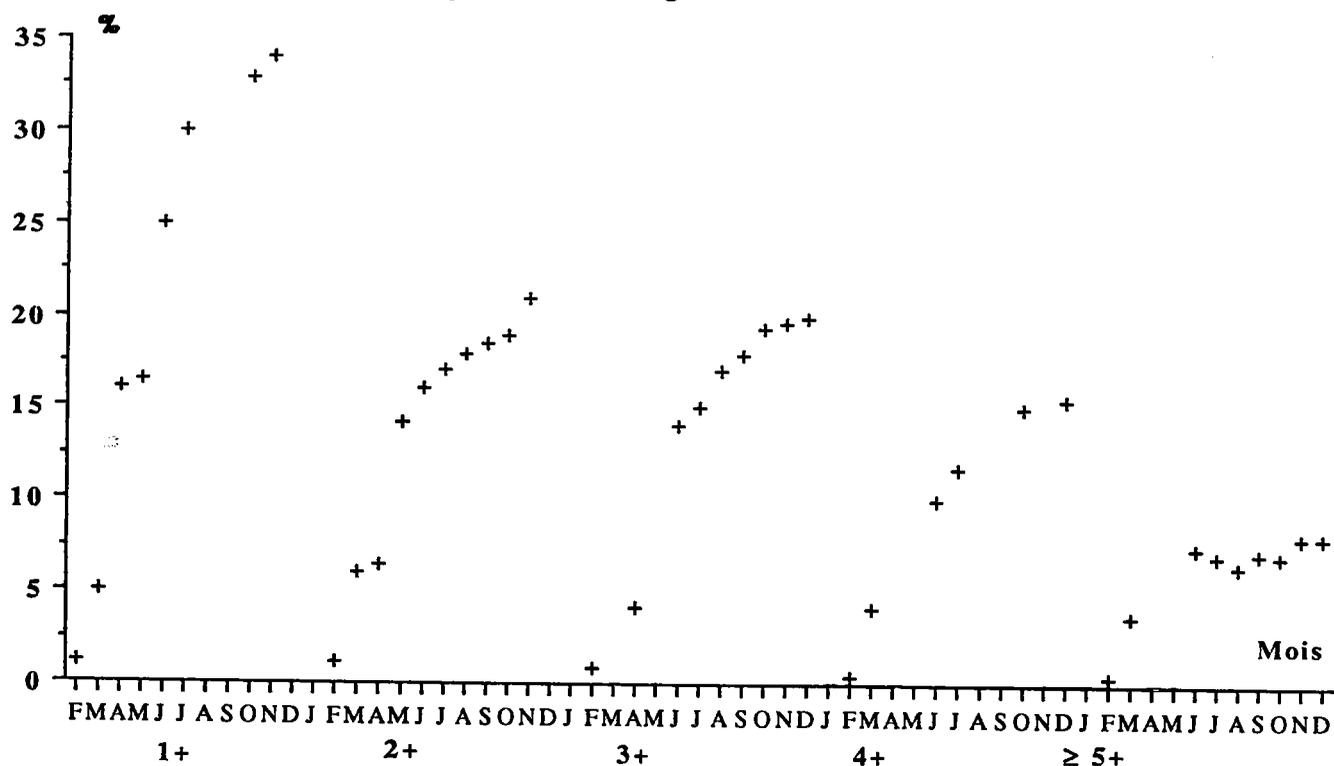


Figure 52: Variations mensuelles de la marge relative moyenne des écailles en fonction des différentes classes d'âge de la perche.

4.2.2. Croissance linéaire rétrocalculée; courbe de croissance théorique linéaire et pondérale d'après le modèle de Von Bertalanffy.

L'identification de l'âge des perches a été réalisée par l'examen de 817 écailles d'individus différents (1987-1991) et l'observation de 151 opercules (1990-1991). Les valeurs de la croissance linéaire rétrocalculée des perches, après l'analyse scalimétrique, sont fournies dans les tableaux XVIII, respectivement pour la population (A), les femelles (B) et les mâles (C) fig. 53.

Les relations existant entre les longueurs totales du poisson et de l'écaille sont illustrées fig. 54.

Les droites de régression de Ford-Walford (du type $l(t+1) = a + b l_t$) sont représentées fig. 55 pour la population de perche, les femelles et les mâles.

Les équations de croissance linéaire calculées d'après le modèle de Von Bertalanffy pour les deux sexes et la population sont les suivantes:

population:	$L_t = 43,68 [(1 - e^{-0,101(t+1,74)})]$	N=817 (1987-1991)
mâles:	$L_t = 26,9 [(1 - e^{-0,23(t+1,74)})]$	N=174 (1990-1991)
femelles:	$L_t = 45,19 [(1 - e^{-0,09(t+1,8)})]$	N=216 (1990-1991)

Les relations sont représentées fig. 56.

D'après les relations taille-poids, la croissance pondérale est calculée également pour les deux sexes et pour la population. Les équations sont les suivantes:

femelles:	$W_t = 1046 [(1 - e^{-0,101(t+1,74)})]^{2,96}$	N=216 (1990-1991)
mâles:	$W_t = 195 [(1 - e^{-0,23(t+1,74)})]^{2,71}$	N=174 (1990-1991)
population:	$W_t = 1201,7 [(1 - e^{-0,09(t+1,8)})]^{3,08}$	N=817 (1987-1991)

Les relations sont illustrées fig. 57.

La croissance de la perche est élevée dans le réservoir du Mirgenbach avec une longueur asymptotique importante de plus de 40 cm pour la population et les femelles. La qualité de la longueur asymptotique des mâles est à prendre avec précaution dans sa signification. Cela peut s'expliquer par le biais de l'absence de mâles âgés (de 7, 8 et 9 ans) qui ne permet pas de contrôler les courbes de croissance. Leur croissance n'étant pas faible, cela est certainement lié à la longévité des mâles qui est plus faible. L'étude de la reproduction apportera des éléments sur l'âge de première maturité.

Pour les deux sexes, la croissance semble bonne dans le réservoir du Mirgenbach. Les perches atteignent une taille de 12 cm à l'âge d'un an (tableau XVIII).

Tableau XVIII: Croissance linéaire rétrocalculée (écailles) des perches dans le réservoir du Mirgenbach. A. Population totale (1987-1991); B. femelles (1990-1991); C. mâles (1990-1991). () = écart-type. Unités: cm.

A	Groupes d'âge	Nombre	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1+	42	14 (1,1)								
	2+	62	13,5 (1,1)	17,6 (1,8)							
	3+	135	12,9 (1,2)	16,8 (1,9)	19,6 (1,9)						
	4+	179	12,5 (1,09)	15,6 (1,2)	18,8 (1,8)	20,8 (1,9)					
	5+	182	11,9 (0,9)	15 (1,3)	17,7 (1,7)	20,2 (1,9)	22,1 (2,2)				
	6+	123	11,8 (0,8)	14,4 (1,2)	17,1 (1,5)	19,5 (1,8)	21,7 (2,01)	23,6 (2,27)			
	7+	65	11,8 (0,8)	14,5 (1,1)	17,1 (1,5)	19,7 (1,9)	21,9 (2,06)	23,9 (2,2)	25,5 (2,3)		
	8+	24	11,5 (0,6)	14 (1,01)	16,6 (1,7)	19,1 (2,5)	21,9 (3,5)	24 (1,4)	26 (4,06)	27,7 (4,1)	
	9+	5	11,8 (1,05)	14,7 (1,5)	17,4 (1,9)	22,04 (1,8)	22,04 (1,8)	24,2 (1,9)	27,8 (1,6)	27,8 (1,6)	29,6 (1,6)
		N = 817									
	Nombre de poissons utilisés		817	776	714	578	400	217	94	29	5
	Longueur moyenne (cm) générale rétrocalculée		12,4 ± 1,2	15,5 ± 1,8	18,2 ± 1,9	20,2 ± 2,03	21,9 ± 2,3	23,7 ± 2,5	25,6 ± 2,8	27,8 ± 3,8	29,6 ± 1,6

B	Groupes d'âge	Nombre	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	1+	32	13,6 (1,05)								
	2+	26	12,9 (1,2)	16,8 (2)							
	3+	38	12 (1,3)	15,2 (1,8)	18,1 (2,03)						
	4+	40	12 (1,1)	14,8 (1,2)	17,3 (1,5)	19,3 (1,6)					
	5+	41	11,75 (1,3)	14,8 (1,8)	17,1 (2,07)	19,3 (2,4)	21,4 (2,8)				
	6+	23	11,1 (1,09)	13,7 (1,5)	16,3 (2)	18,5 (2,1)	20,4 (2,3)	22,3 (2,6)			
	7+	5	10,4 (0,4)	12,6 (0,8)	15,1 (1)	17,7 (0,9)	20,2 (0,5)	22,1 (0,9)	23,8 (1,4)		
	8+	10	10,7 (0,5)	13,1 (1)	15,4 (1,7)	18,1 (2,8)	21,2 (4,4)	23 (4,5)	25 (4,4)	26,9	
	9+	1	11,8	15,5	19	22	24	25	26	29	31
		N = 216									
	Nombre de poissons utilisés		216	184	158	120	80	39	16	11	1
	Longueur moyenne (cm) générale rétrocalculée		12,1 ± 1,4	15 ± 1,9	17,1 ± 2,02	19 ± 2,2	21,1 ± 2,8	22,6 ± 3,05	24,8 ± 3,6	27 ± 4,3	31

C	Groupes d'âge	Nombre	1	2	3	4	5	6
	1+	13	14,6 (1)					
	2+	32	14,3 (1)	17,3 (1,5)				
	3+	44	13,7 (0,9)	16,7 (1,5)	18,8 (1,4)			
	4+	42	13,4 (0,8)	16,1 (1,1)	18,5 (1,5)	20,1 (1,6)		
	5+	29	12,8 (0,9)	15 (1,2)	16,7 (1,4)	18,5 (1,6)	20 (1,6)	
	6+	14	12,1 (0,5)	13,9 (0,7)	16,2 (0,9)	17,8 (1,1)	19,6 (1,3)	21,2 (1,6)
		N = 174						
	Nombre de poissons utilisés		174	161	129	85	43	14
	Longueur moyenne (cm) générale rétrocalculée		13,5 ± 1,1	16 ± 1,6	18 ± 1,7	19,2 ± 1,8	20 ± 1,5	21,2 ± 1,6

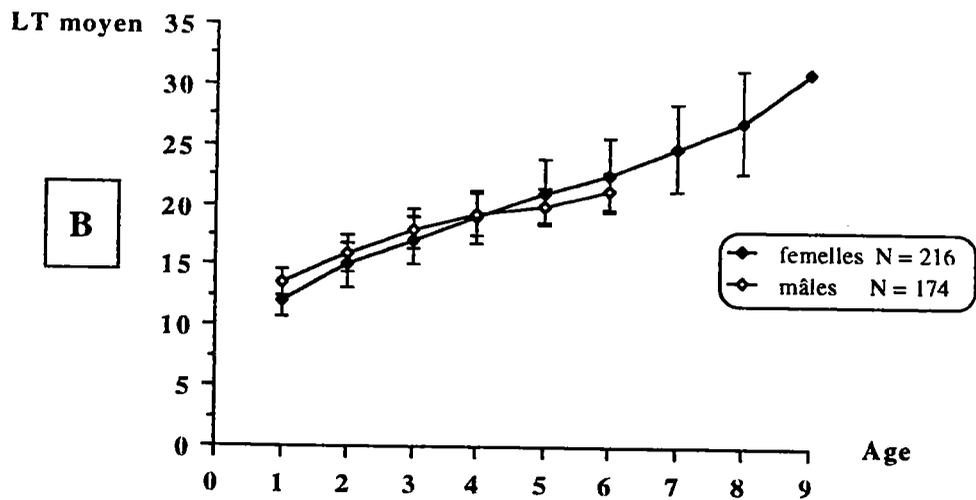
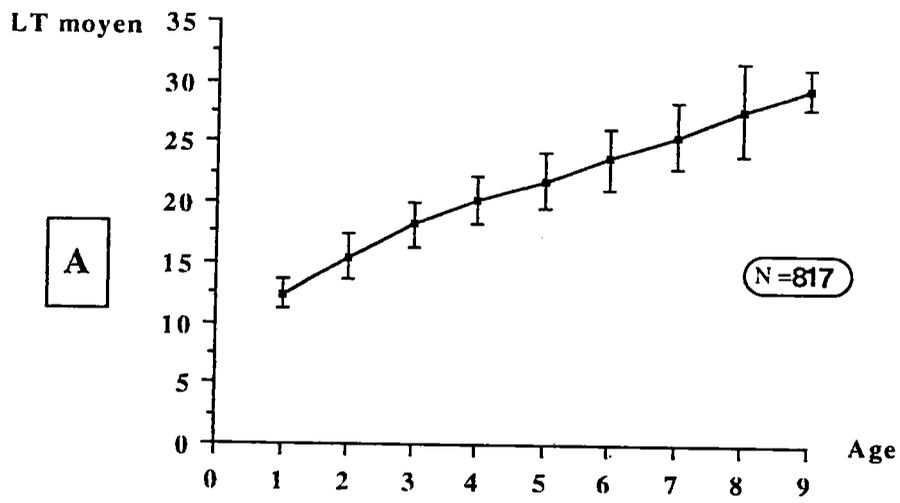


Figure 53: Croissance linéaire rétro-calculée, écailles. A. population de perche (1987-1991); B. femelles et mâles (1990-1991).

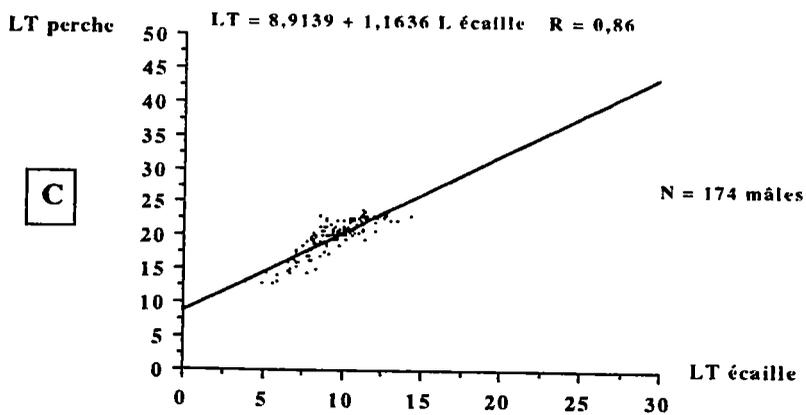
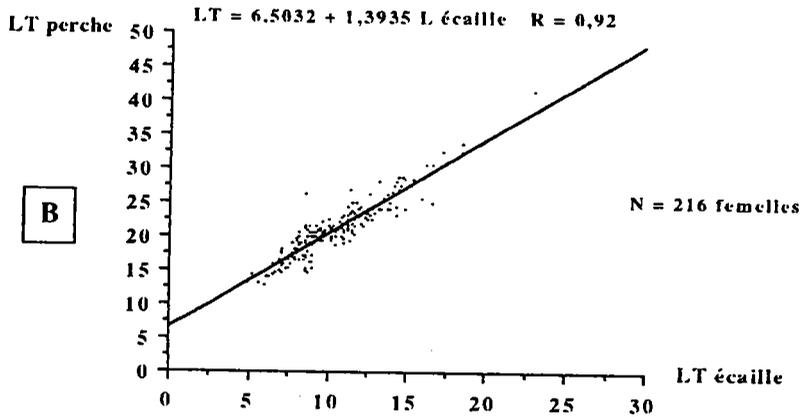
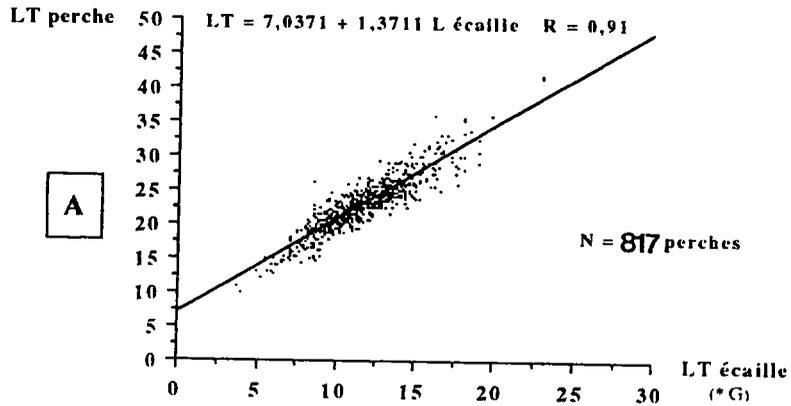


Figure 54: Relation Longueurs totales de l'écaïlle et du poisson. A. population de perche (1987-1991); B. femelles (1990-1991); C. mâles (1990-1991).

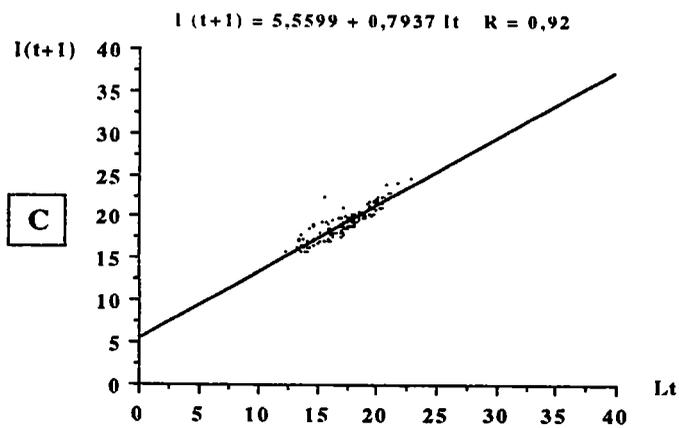
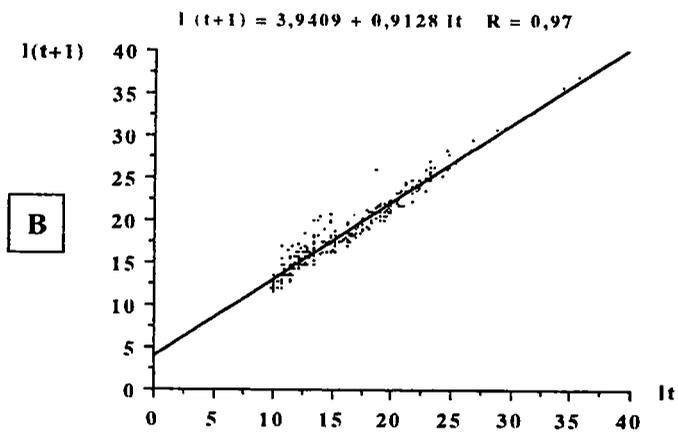
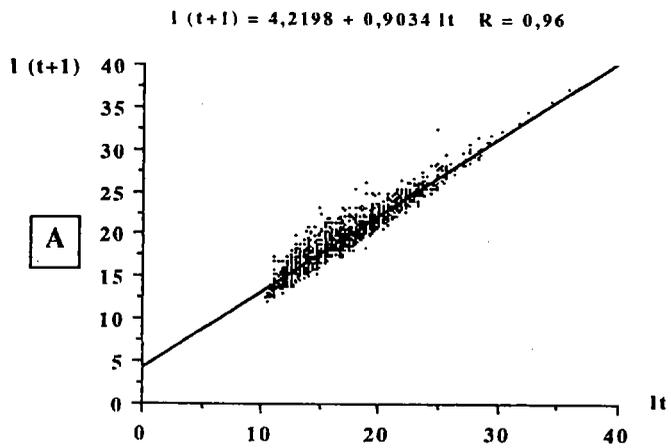


Figure 55: Droites de régression de Ford-Walford. A. population de perche (1987-1991); B. femelles (1990-1991); C. mâles (1990-1991).

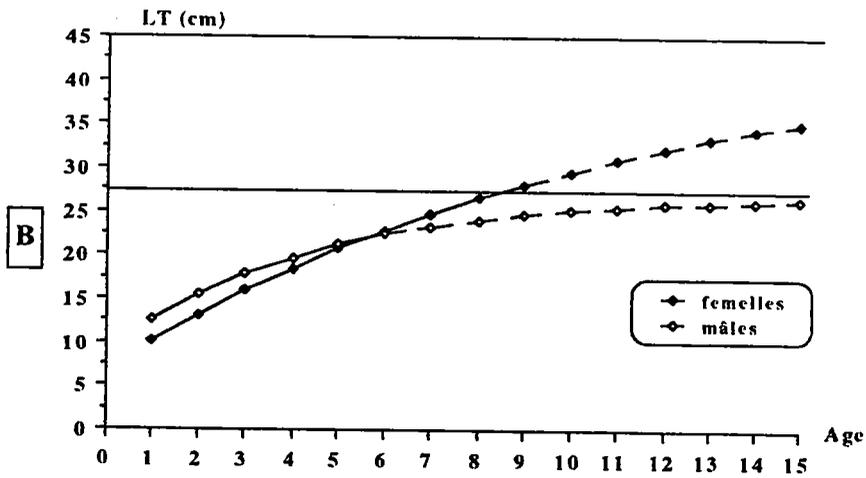
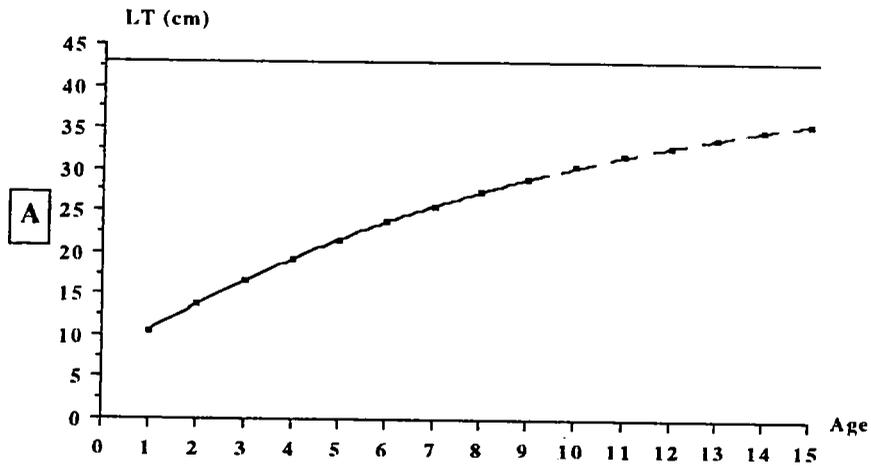


Figure 56: Croissance linéaire. A. population de perche (1987-1991); B. femelles et mâles (1990-1991).

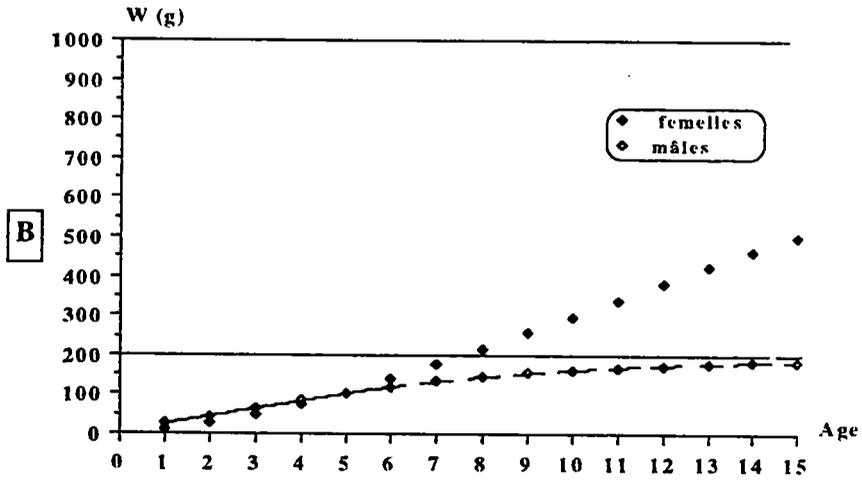
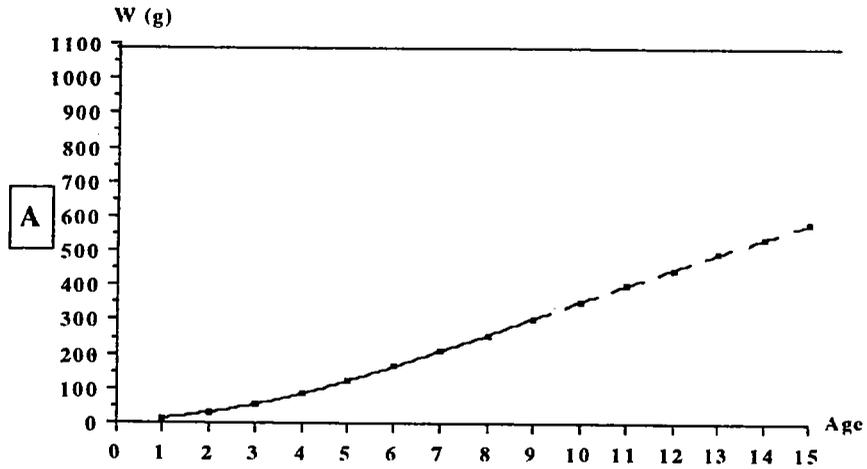


Figure 57: Croissance pondérale. A. population de perche (1987-1991); B. femelles et mâles (1990-1991).

En ce qui concerne la croissance operculaire (uniquement établie pour voir si elle se calait avec la croissance scalimétrique et ne prenant pas en compte les différences entre les sexes), la croissance linéaire rétrocalculée est représentée tableau XIX et fig. 58. La relation entre la longueur totale de l'opercule et celle du poisson est représentée fig. 59. Par le calcul de la droite de régression de Ford-Walford (fig. 60), les croissances linéaire et pondérale de la population d'après le modèle de Von Bertalanffy sont illustrées fig. 61 et 62. La comparaison entre scalimétrie et operculométrie pour les mêmes individus est représentée tableau XX.

Tableau XIX: Croissance linéaire rétrocalculée (opercules) de la population de perche dans le réservoir du Mirgenbach (1990-1991). () = écart-type. Unité: cm.

Groupes d'âge	Nombre	1	2	3	4	5	6
1+	42	13,1 (1)					
2+	23	13,03 (1)	18 (1,4)				
3+	32	11,6 (1,8)	17 (2,3)	19,7 (1,4)			
4+	34	12 (2,2)	17,1 (1,5)	19,1 (1,8)	20,7 (1,9)		
5+	16	11,5 (1,9)	16,9 (1,6)	18,5 (1,6)	20,2 (1,8)	21,2 (1,9)	
6+	4	11,1 (2)	15,1 (2,5)	18,6 (2,1)	19,9 (1,7)	21,3 (1,3)	22,3 (1,5)
	N = 151						
Nombre de poissons utilisés		151	109	86	54	20	4
Longueur moyenne (cm) générale rétrocalculée		12,3 ± 1,8	17,2 ± 1,9	19,1 ± 1,7	20,5 ± 1,8	21,2 ± 1,7	22,3 ± 1,5

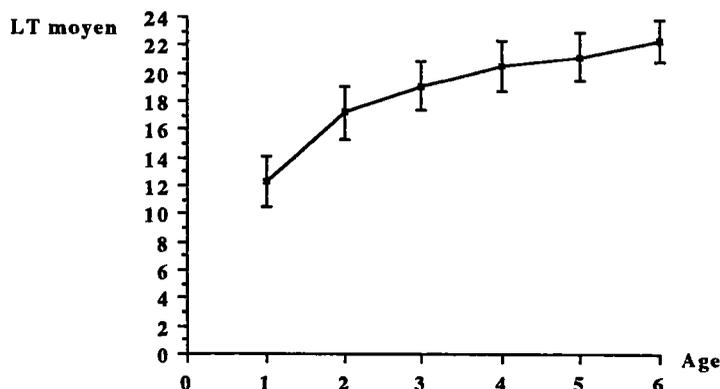


Figure 58: Croissance linéaire rétrocalculée à partir des opercules: population de perche (1990-1991).

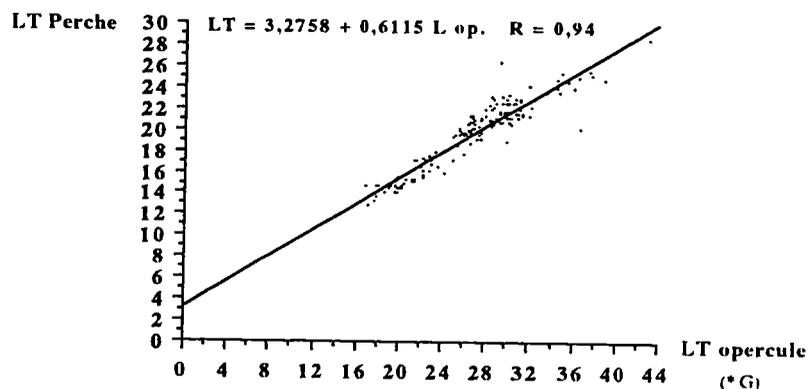


Figure 59: Relation longueurs de l'opercule et du poisson. Novembre 1990-Octobre 1991). population de perche.

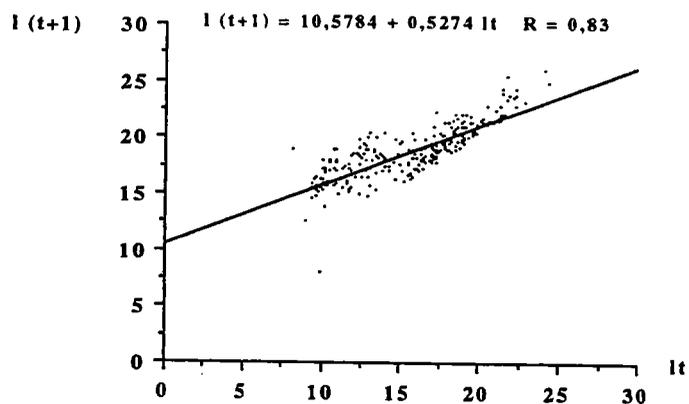


Figure 60: Droite de régression de Ford-Walford pour les opercules. Population de perche (1990-1991).

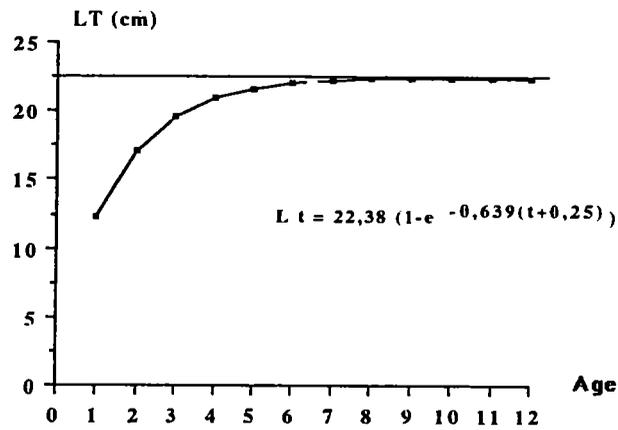


Figure 61: Croissance linéaire de la population de perche à partir des opercules. 1990-1991.

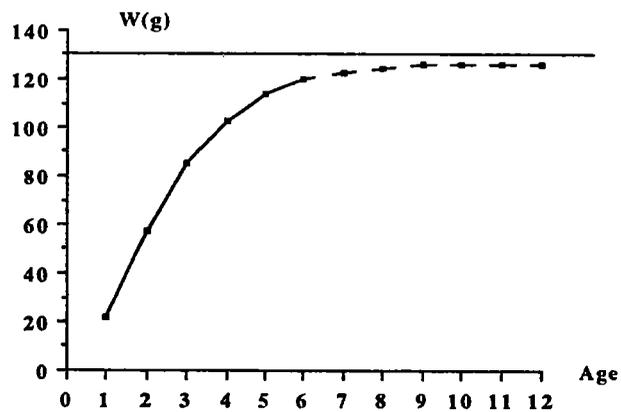


Figure 62: Croissance pondérale de la population de perche à partir des opercules. 1990-1991.

Tableau XX: comparaison des croissances linéaires rétrocalculées à partir des écailles-opercules (N=151 perches; 1990-1991).

Groupes d'âges	1+	2+	3+	4+	5+	6+
Nombre de poissons utilisés total= 151	42	23	32	34	16	4
LT (moy.) /opercules (cm)	12,3	17,2	19,1	20,5	21,2	22,3
LT (moy.) /écailles (cm)	12,1	16,6	18,5	20,3	21,4	22,5

En ce qui concerne l'âge des perches, malgré la critique qu'il puisse y avoir envers la scalimétrie, l'observation des écailles s'est révélée facile jusqu'à 6 ans. Jamet (1991) fait la même remarque. A partir de 6 ans, nous ne capturons que des femelles. Leroy (1987) n'a pas trouvé de mâle d'un âge supérieur à 6 ans en Meuse; les femelles atteignaient 7 ans. La croissance linéaire de la perche est élevée. Cela pourrait être dû au régime thermique plus élevé dans le réservoir avec une période hivernale moins marquée que dans les milieux naturels mais aussi par l'effet d'une densité moindre de perche. Avec la mise en fonctionnement progressive des tranches nucléaires (Annexe 1), la température moyenne de l'eau du réservoir du Mirgenbach peut atteindre les 26°C durant la période estivale en 1991 (Annexe 2). En dépit de l'existence d'une température hivernale supérieure à la valeur naturelle (l'écart thermique entre la Moselle et le réservoir peut atteindre 4 °C), il existe un arrêt de croissance pour la perche en hiver dans le lac.

En ce qui concerne les deux types de lecture, scalimétrique et operculaire, notre étude permet de dire qu'elles sont comparables toutes les deux. Des photos illustrant ces pièces osseuses sont illustrées par la planche B. Dans le cas d'un suivi d'une population par marquage de perche, nous conseillerons donc la scalimétrie, ce qui évite le sacrifice de l'animal. Par contre, pour une étude biologique plus particulière comprenant l'étude de la reproduction et de l'alimentation par analyse des organes, le prélèvement des deux pièces osseuses sera recommandé pour confirmer l'âge.

5. Reproduction

5.1. Acquisition de la maturité

5.1.1 Evolution de la maturité au cours du développement (fig. 63)

L'évolution du RGS (rapport gonado-somatique) des perches capturées au moyen des filets maillants verticaux fin 1990 et en 1991 permet de différencier deux stades de développement. Au cours de la première année, le RGS des femelles est faible et varie peu, la perche femelle est encore immature à 1 an (croissance linéaire rétrocalculée). A partir du deuxième automne et par la suite, le RGS subit des variations saisonnières; il est maximal l'hiver (février) et faible l'été (juin). La première maturité sexuelle des femelles se produit au cours de sa deuxième année. En ce qui concerne la perche mâle, celle-ci présente un RGS élevé dès l'automne de la première année; il est maximal en hiver et plus faible en été. La maturité sexuelle des mâles est acquise lors de la première année.

5.1.2. Distribution des effectifs suivant les stades matures et immatures

A partir des 360 individus observés fin 1990 et en 1991, nous pouvons déterminer la distribution des femelles et des mâles en fonction des classes de taille suivant les saisons. Ces répartitions sont représentées fig. 64. Cette distribution confirme bien que les individus les plus grands sont des femelles; la classe de taille maximale pour les mâles étant de 25 cm. Tous les mâles dont les classes de taille sont représentés sur cet histogramme sont matures; alors que pour les femelles, tous les individus inférieurs à 15 cm sont immatures.

5.2. Cycle sexuel

5.2.1. Rapport gonado-somatique moyen

N'ayant pas procédé à l'échantillonnage des perches lors de chaque campagne de pêche (puisque nous marquions toutes les perches au début de l'étude), il n'y avait pas toujours suffisamment d'individus pour étudier les variations interannuelles du RGS. Les valeurs du RGS obtenues durant l'étude sont donc regroupées sur un seul et unique cycle annuel.

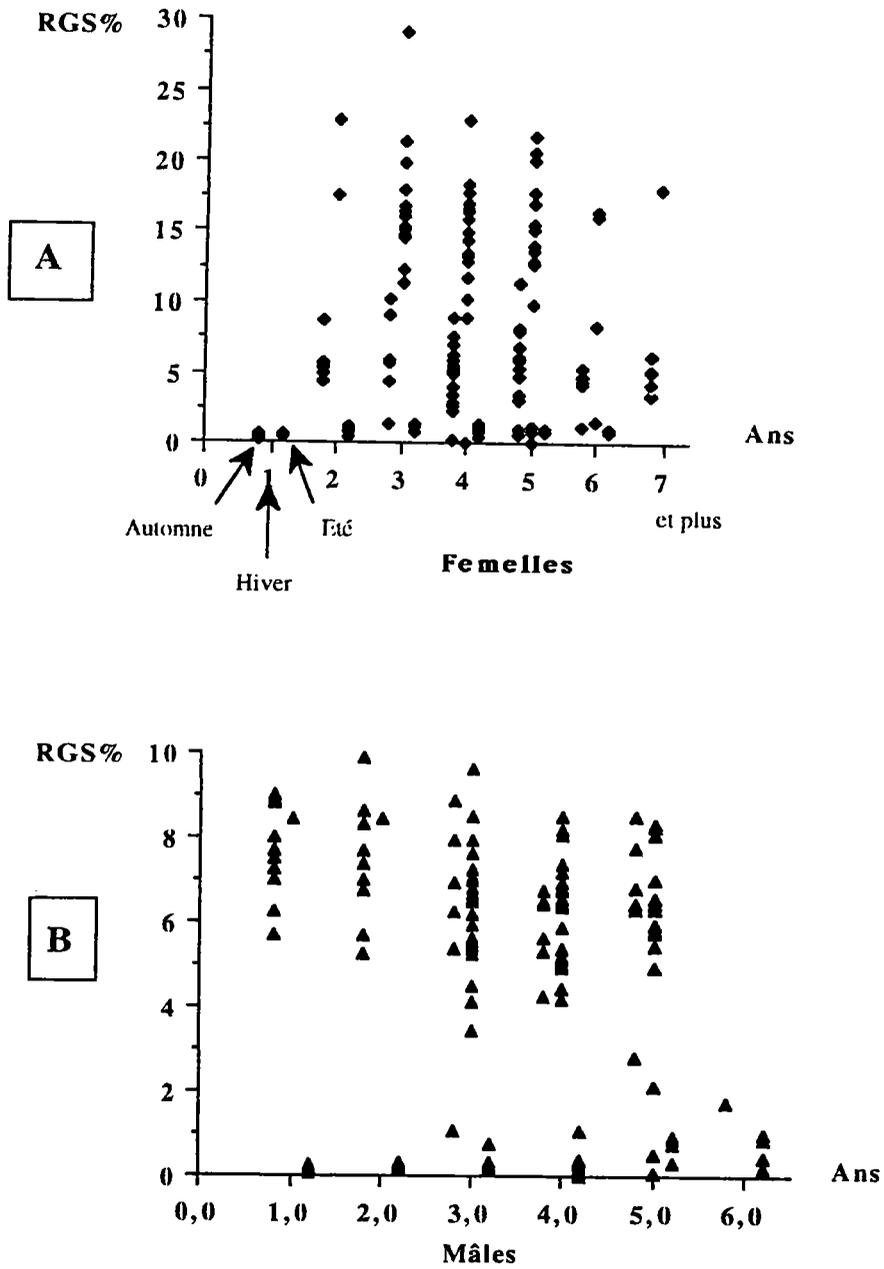


Figure 63: Evolution du rapport gonado-somatique individuel des perches au cours de leur développement. A. femelles; B. mâles.

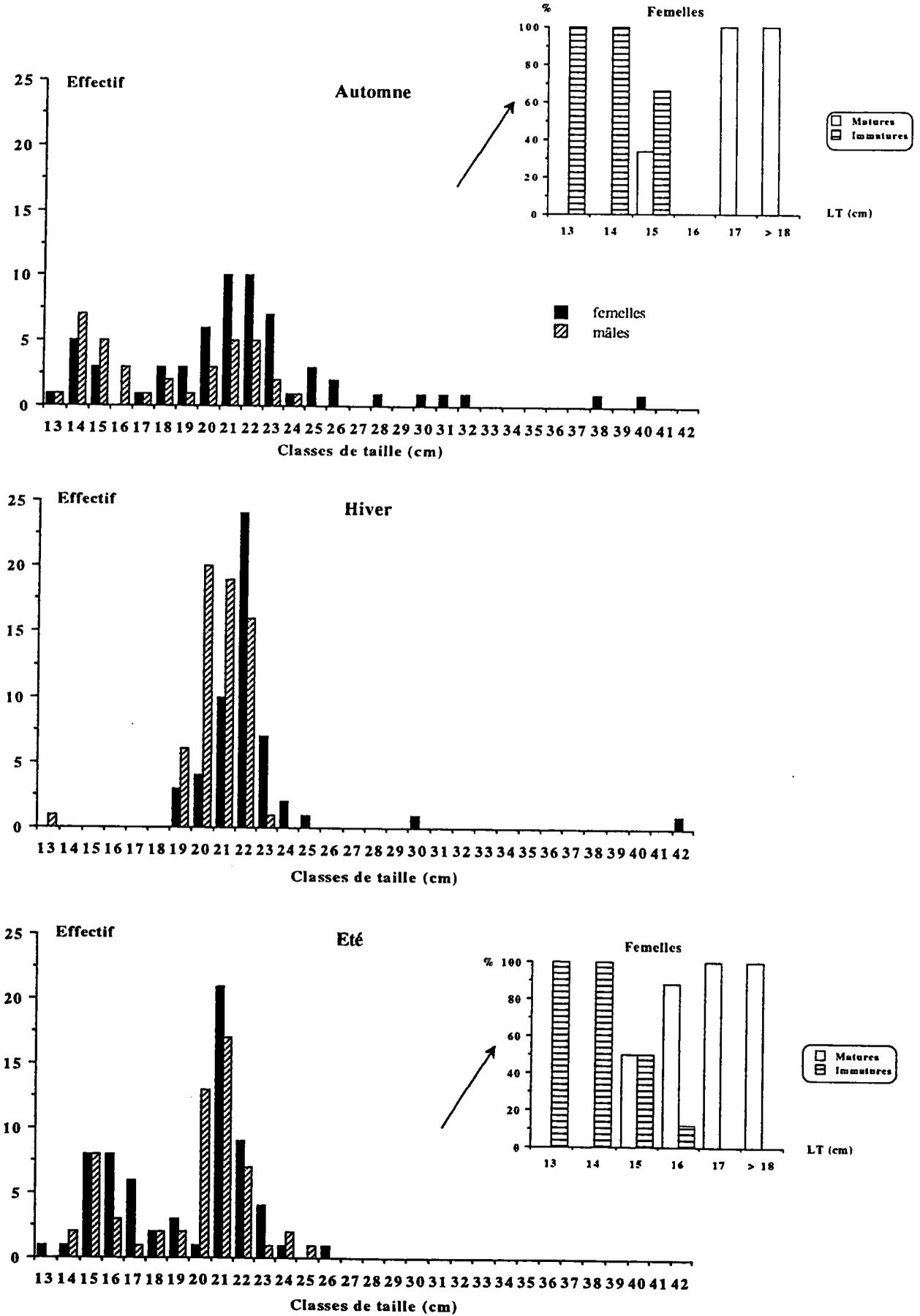


Figure 64: Répartition saisonnière des sexes en fonction des classes de taille; cycle annuel 1990-1991.

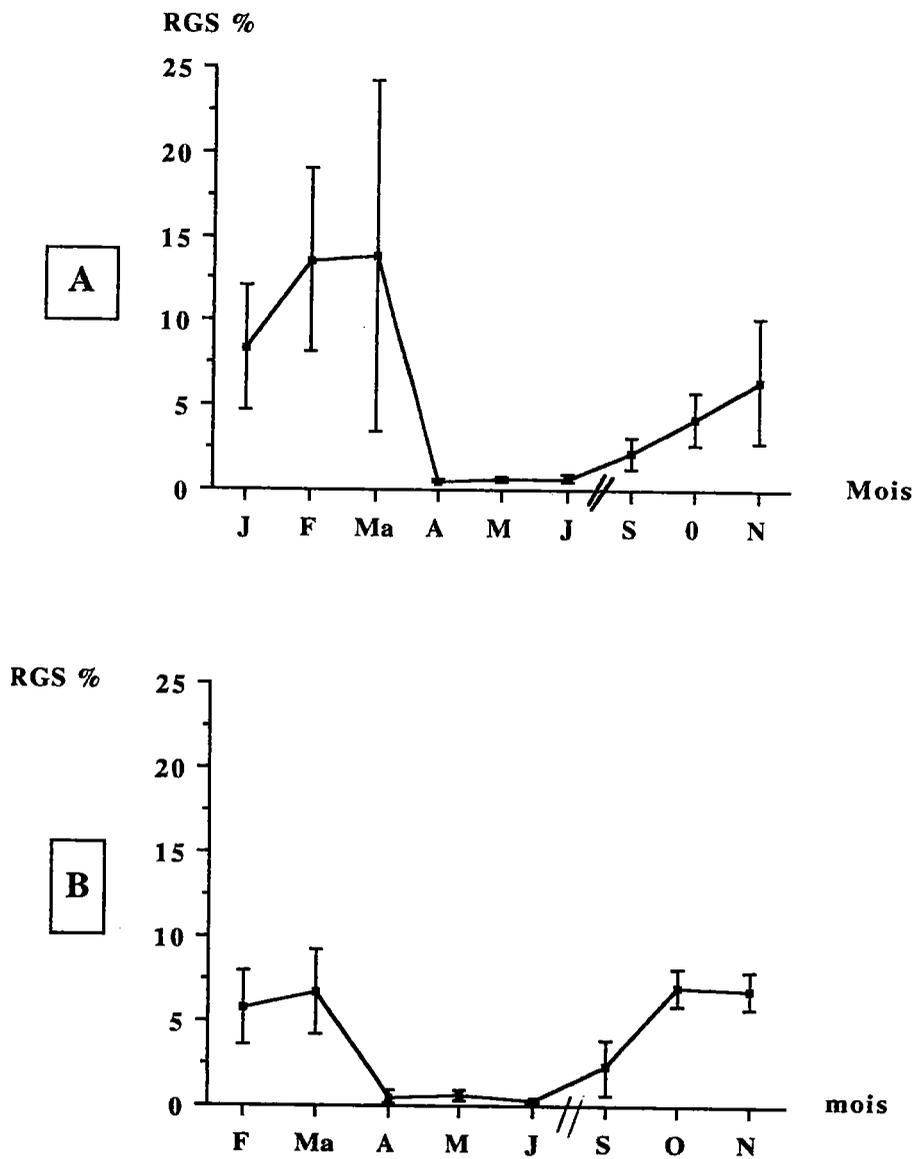


Figure 65: Evolution saisonnière du RGS moyen des perches sur un cycle annuel. A. femelles; B. mâles.

La chute brutale du RGS observée de mi-mars à mi-avril pour les deux sexes (fig. 65) indique le moment de la reproduction de la perche; celle-ci a lieu quand la température est proche de 12-14 °C. Cet état est normal puisque les gonades augmentent en volume et en poids en hiver; leurs poids chutent après le frai.

La période de repos sexuel s'échelonne sur 4 mois environ après la ponte, avec une reprise du développement gonadique en septembre-novembre. En général, les RGS des femelles sont plus élevés que celles des mâles. Le RGS moyen peut atteindre 13,5 % en mars, lorsque le développement des ovaires est maximal; il est de 6,8 % pour les mâles à la même période. On remarque un développement progressif des ovaires de septembre à mars, alors que pour les mâles, ce développement est très rapide d'août à octobre et reste pratiquement constant jusqu'au printemps avant la reproduction.

5.2.2. Evolution saisonnière du rapport gonado-somatique

Ces RGS individuels exprimés en fonction de la taille de l'animal et en fonction des 3 périodes (automne, hiver, été) du cycle annuel en 1991 sont représentés fig. 66 et 67. Pour les femelles, le RGS des individus inférieurs à 15 cm est faible lors de la période automnale : ce sont des immatures. Par contre pour les mâles à taille équivalente, ce RGS est déjà élevé à l'automne : il s'agit des matures. A une taille supérieure à 15 cm pour les deux sexes, l'élévation du RGS indique la maturation des gonades pour les perches à l'automne avec des variations.

En hiver, le RGS est toujours élevé pour les deux sexes exprimant un état de développement maximal des gonades ; on remarque néanmoins un très faible RGS pour quelques individus. Cela peut indiquer deux états : soit ces animaux ont pondu ou émis précocement, soit ils n'ont pas de développement gonadique. Seule l'analyse histologique peut trancher entre ces deux hypothèses. Ce point est à éclaircir car les conditions artificielles du réservoir du Mirgenbach peuvent perturber le développement ou la ponte.

Au mois de juin, les RGS des perches sont très faibles et homogènes. Ces animaux sont en repos sexuel ou immatures selon leur taille.

5.2.3. Morphologie externe des gonades

Suivant leur degré de maturité, les testicules se présentent soit sous l'aspect de simples filaments au début du développement, soit sous la forme de deux masses laiteuses allongées et épaisses en fin de développement. Lors de la période de reproduction, les testicules ont une coloration dominante, blanche, et la perche, soumise à des pressions abdominales sur ses flancs, est fluante.

L'ovaire est une masse ovoïde orangée, épaisse, lors de la période de reproduction. Sa taille, sa couleur et son volume varient en fonction du cycle sexuel de l'individu.

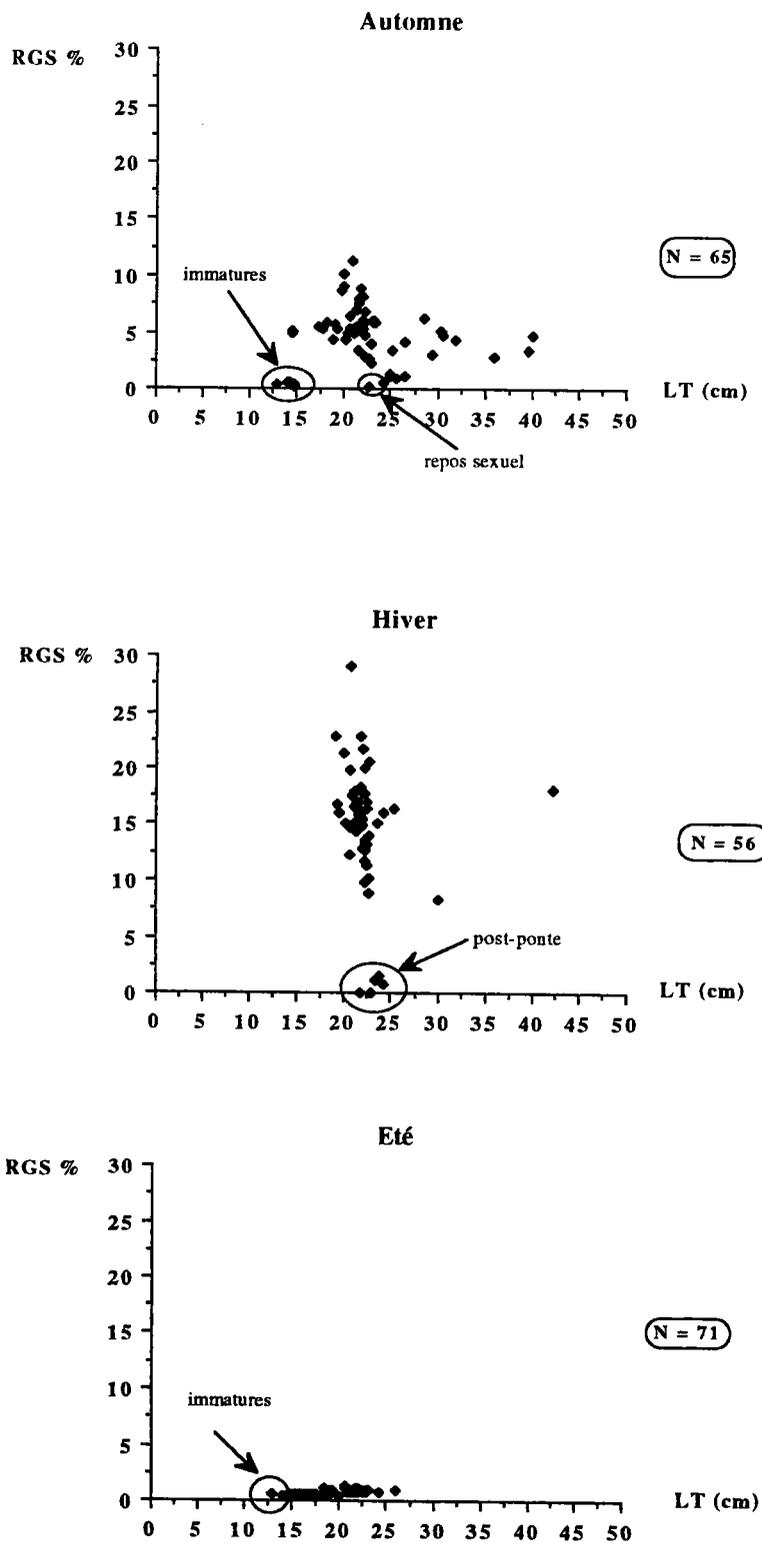


Figure 66: Variations saisonnières des RGS individuels en fonction de la taille des perches femelles (tous stades); Réservoir du Mirgenbach. 1991.

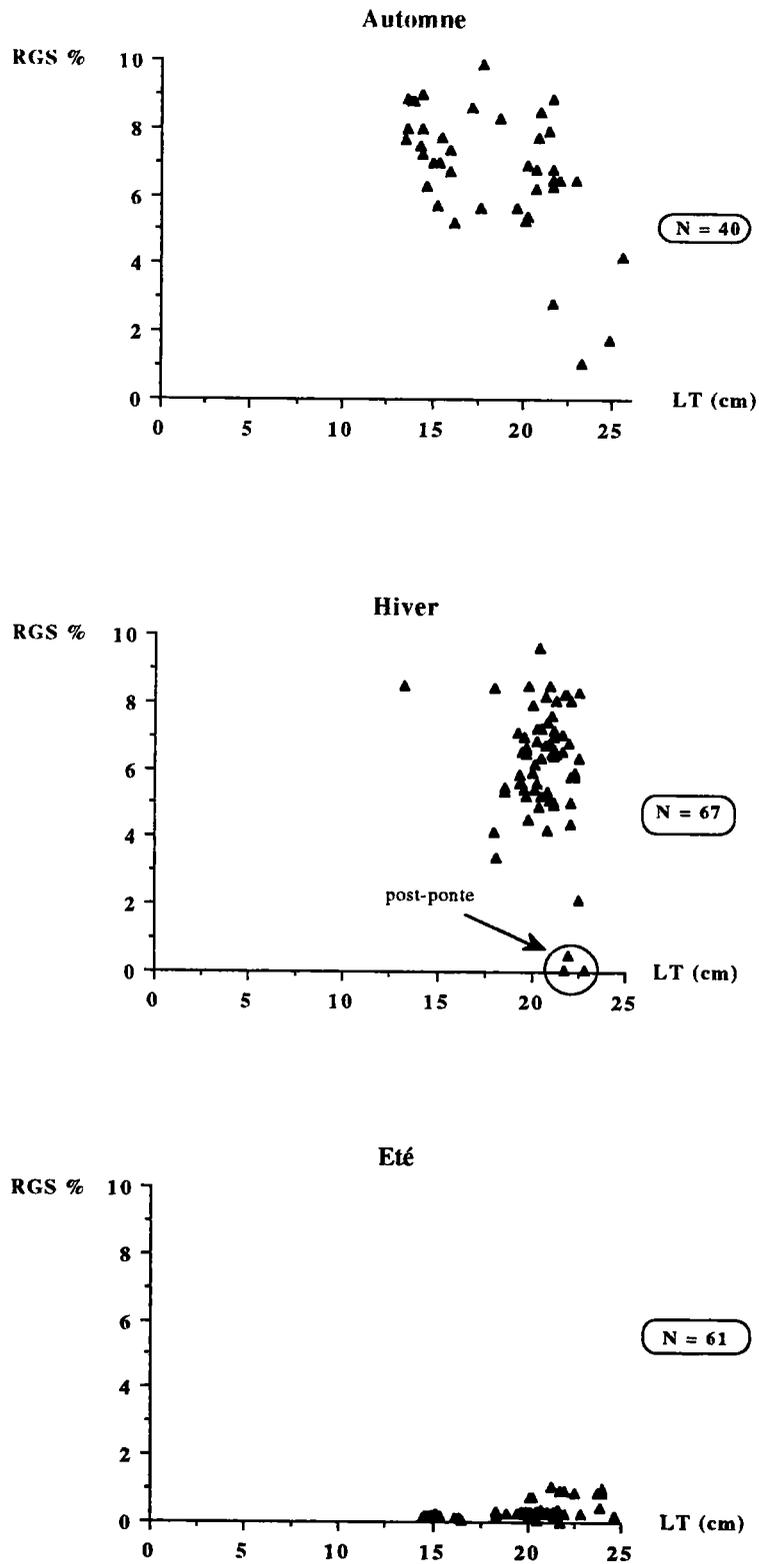


Figure 67: Variations saisonnières des RGS individuels en fonction de la taille des mâles (tous stades); Réservoir du Mirgenbach. 1991

Les différents stades macroscopiques des gonades sont pour les deux sexes:

- stade 1: immature avec sexe identifiable ou non
- stade 2: début ou reprise de l'évolution sexuelle
- stade 3: pré-ponte
- stade 4: ponte, émission
- stade 5: post-ponte
- stade 6: repos sexuel

L'observation des stades de maturité des mâles et des femelles permet de schématiser le développement des gonades en fonction des saisons (fig. 68). D'après ces figures, nous notons que pendant la fraie, la majorité des mâles et des femelles sont en stade de pré-ponte et ponte avec un nombre très important de mâles fluants (février). La plupart des femelles sont en stade de pré-ponte avec la gonade occupant toute la cavité abdominale. Quelques femelles sont en stade de ponte, les ovules sortant par simple pression de l'abdomen. D'après l'étude des RGS individuels (fig. 66 et 67), quelques individus de taille comprise entre 20 et 25 cm relataient un % très faible. Cet état montre que ces individus sont en post-ponte (stade 5), avec un frai plus précoce que les autres perches. A cette période, fin février, la température moyenne de l'eau est inférieure à 10 °C (annexes 2).

En période estivale, quelle que soit la taille, tous les mâles sont en stade 6, stade de repos sexuel. Les femelles, de taille < à 15 cm, sont toutes en stade 1, sexe reconnaissable mais immature. Malgré un effectif faible des classes de taille 15 et 16 cm, la taille de première reproduction semble se situer à cette taille puisqu'environ 50 % de ces individus sont matures.

La période automnale montre une majorité de premiers stades (stades 2 et 3); le stade 2 domine pour les femelles alors qu'il s'agit du stade 3 pour les mâles. Cela indique un développement plus rapide de l'évolution de la maturation chez les mâles par rapport aux femelles. Tous les individus femelles < à 15 cm sont immatures (stade 1, sexe identifiable); A partir de 15 cm, les femelles deviennent matures; l'absence de la classe de taille 16 cm pour les femelles ne nous permet pas de voir la taille de première maturité. A partir de 17 cm, les gonades femelles sont toutes en évolution.

Un individu, de taille de 23 cm semble néanmoins en repos sexuel encore à cette période; cela montre que pour une minorité d'individus, l'évolution n'est pas identique au reste de la population. En ce qui concerne les mâles, ils sont tous en stade 2 et 3 quelle que soit la taille; la taille inférieure est de 13 cm; on peut donc admettre qu'il s'agisse dans notre étude de la taille de première maturité bien que l'effectif reste faible pour généraliser nos observations.

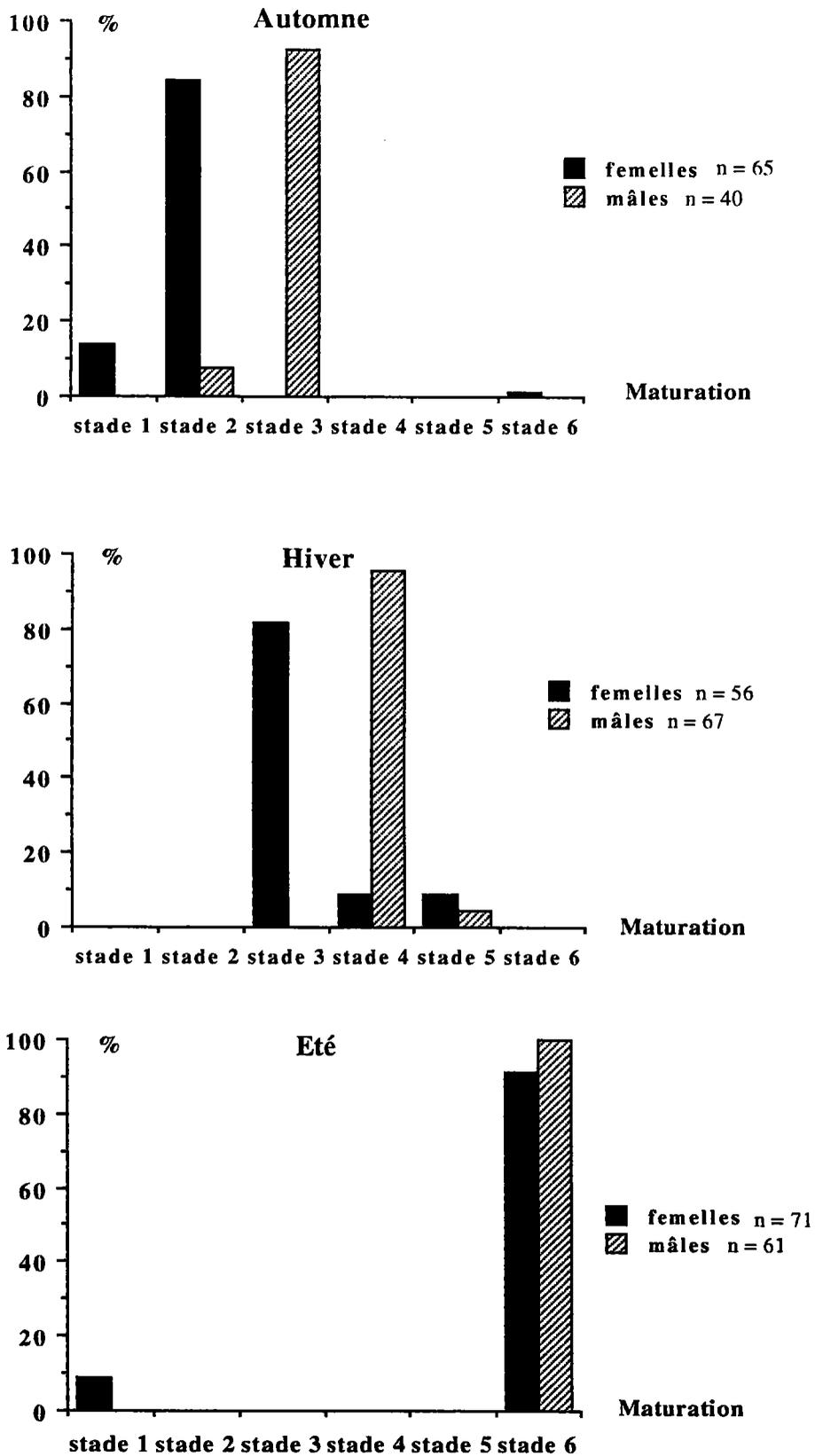


Figure 68: Evolution saisonnière de la maturité sexuelle des perches; cycle annuel 1990-1991.

5.2.4. Etude histologique

Tous les stades de la gamétogenèse ont été observés chez la perche que ce soit pour le mâle ou pour la femelle. Ces différents stades sont représentés par des exemples illustrés par des planches photographiques (planche C).

***les femelles**

Les ovaires sont constitués par des éléments génitaux à différents stades de développement. Ceux-ci sont contenus dans des lamelles conjonctives et vasculaires. La plus grande partie des cellules observées chez la femelle sont des ovocytes participant à l'ovogenèse avec des stades de développement différents suivant leur degré de maturation.

Le premier stade que nous avons observé est le stade immature avec des ovogonies, des ovocytes primaires et secondaires. Ces ovocytes bien individualisés, sont séparés par une mince couche de tissu conjonctif et agencés en lamelles ovariennes bien régulières. Ce stade se retrouve régulièrement pour les perches de 13 et 14 cm âgées de 1 an. L'ovaire en début d'évolution sexuelle se caractérise par la présence d'ovocytes plus importants de stade III et IV, ce stade démarre pour les perches mesurant 15 cm..

L'ovaire en pré-ponte et ponte nous indique la présence d'ovocytes stade V en majorité . Il y a encore des ovocytes de stade III et IV et en stock très réduit des ovocytes de stade I et II. Ces ovocytes de stade V atteignent des diamètres voisins de 1000 μ voire plus quand l'ovocyte est très mûr.

L'ovocyte mûr non émis entre en atresie. Il y a présence d'ovocytes déformés qui seront lysés pour être récupérables lors de la prochaine ovogenèse en formant des grains noirs de réserve; il va donc y avoir reconstitution du stock de réserve. Vient ensuite le stade du repos sexuel où l'aspect de ce stade ultime ressemble au stade immature. Seul l'agencement des lamelles ovariennes n'est plus régulier. On remarque de grands espaces dans la cavité ovarienne contenant les réserves.

***les mâles**

L'histologie permet de constater des structures homogènes appelés tubes séminifères contenant les produits génitaux mâles à l'intérieur de cystes. D'après nos observations, nous n'avons pas trouvé de stade immature mâle en histologie; cela confirme la maturité à 1 an pour ces individus à une taille de 13 cm. A l'approche de la fraie, nous retrouvons tous les stades de la spermatogenèse comprenant les spermatogonies, les spermatocytes I et II, les spermatides et les spermatozoïdes. Nous ne trouvons que ces derniers lorsque la ponte est imminente.

Durant la période estivale, les tubes séminifères sont vides après émission des spermatozoïdes; ceux qui ne sont pas émis sont lysés. Il y a présence de grains noirs de réserve qui serviront à la prochaine gamétogenèse et qui sont générés par le matériel séminal non émis. Durant l'automne, on retrouve tous les stades de l'évolution démontrant que les gonades mâles reprennent leur maturation plus précocément et plus rapidement que les femelles.

5.2.5. Correspondances entre échelle macroscopique et stades histologiques dans notre étude

L'étude par l'examen visuel des gonades peut avoir des imprécisions dans l'évaluation des différents stades. L'examen histologique permet une distinction nette des états évolutifs dans la maturation gonadique mâle et femelle.

Le tableau XXI résume les différents aspects des deux observations couplées au RGS.

5.3. Période et lieux de reproduction

Pour les années 1989 à 1991, les rubans de ponte de la perche sont observés au début du printemps de mi-mars à mi-avril lorsque la température avoisine 12 à 14°C (annexe 2). Cependant certains individus frayent déjà fin février; l'élévation de la température semble décaler la ponte précocément pour certains individus (fig. 67). La ponte de la perche est avancée environ d'un mois dans le réservoir du Mirgenbach si l'on compare avec nos étangs lorrains: à l'étang de Lachaussée comme à l'étang du Lindre, les perches pondent à partir de mi-avril.

Des rubans d'oeufs (planche D) sont trouvés sur tout le pourtour du réservoir mais en particulier dans la corne de la station G riche en végétation et également près de la station E, pourtant dénudée. A la station G, les rubans sont déposés sur les carex, les typhas et les algues du genre *Cladophora*, à l'abri des intempéries. Sinon, bien que la littérature signale souvent la présence d'un support de ponte, bon nombre de rubans d'oeufs de perche sont posés à même la vase, en bordure du lac à faible profondeur, et soumis au léger flux et reflux des vagues. Cela peut s'expliquer soit par la présence d'un courant suffisamment intense pour entraîner les oeufs d'un endroit protégé vers un site exposé; soit, par le choix délibéré de ces frayères de la part des perches femelles; soit par des supports de ponte végétalisés saturés.

Généralement, les oeufs observés sont présents à une profondeur allant de 30 à 60 cm. Au delà de cette profondeur, nous ne pouvions les apercevoir. Il arrivait que ces rubans présentent une coloration brune.

Tableau XXI: Correspondances entre stades macroscopiques et microscopiques chez *Perca fluviatilis* : Réservoir du Mirgenbach.

Stades visuels	Etat de maturation macroscopique	femelle	mâle	Etat microscopique	femelle	mâle	Période du cycle femelle	Période du cycle mâle	RGS femelle	RGS mâle
I	Immature sexe indéterminable	Filament confondu à l'appareil digestif	Filament confondu à l'appareil digestif	Cordons sexuels	cordons fins	non observé	1er été	non observé	faible	/
I	Immature sexe déterminable	ovaire très petit- rosâtre (pas d'ovules visibles)	testicules peu développés	Activité cellulaire de la gonade réduite	ovogonies ovocytes IetII	spermatogonies spermatocytes IetII	1ère année ou 2ème été	été	faible 0-1,5%	faible 0-1%
II	Début de l'évolution	ovaire plus gros 1/2 de la cavité (pas d'ovules visibles)	augmentation de volume (blanchâtre)	Activité cellulaire augmentant	ovocytes IIIetIV	spermatocytesI etII Spermatides spermatozoïdes	fin automne début hiver LT= 15 cm (2 ans)	début automne LT= 13 cm (1 an)	moyen 1,5-10%	moyen à fort 1-10%
III	Préponte	2/3 à la totalité de la cavité ovules visibles orangés	2/3 de la cavité vascularisation	Activité cellulaire intense	ovocytes V	spermatozoïdes	hiver	mi-automne	moyen à fort 10-30%	fort 10%
IV	Ponte	ovules sortant par pression forte vascularisation	3/4 de la cavité, fluence, forte vascularisation	Expulsion Emission	ovocytes V plus gros	spermatozoïdes	hiver	automne-hiver	fort 30%	fort 10%
V	Post-ponte	Rétraction ovaires flasques parois laches	Rétraction, blanc-rougeâtre	Atrésie	ovocyte atrétique régression	non observé	hiver début printemps	hiver début printemps	faible 0-1,5%	faible 0-1,5%
VI	Repos sexuel	coloration redevient rosâtre		Repos	ovogonies ovocytes IetII lumière	quelques spermatozoïdes restant lumière	été	été	faible 0-1,5%	faible 0-1%

Les quelques rubans ramassés ont une longueur variant de 30 cm à 1 m lorsqu'ils sont entiers. La présence de rubans abîmés et incomplets peut s'expliquer par leur fragilité; cela pouvant avoir une incidence sur le recrutement.

Afin de vérifier la longueur totale des larves à l'éclosion, deux rubans de 46g¹² et 53g¹³ récoltés le 27 mars 1990 ont incubé à température ambiante, dans un cristalliseur. Une éclosion partielle est intervenue dès le lendemain et une éclosion totale le deuxième jour. La taille moyenne des perches à l'éclosion est de 5 mm (planche D).

5.4. Indices pondéraux; aspects énergétiques

5.4.1. Coefficients de condition

L'évolution du facteur de condition K moyen ($K=100 \cdot W / L^3$) pour la population de perche (tableau XXII) montre des variations (fig. 69) dues tout d'abord à l'évolution de la maturité sexuelle des perches et également à l'évolution de son alimentation.

Les variations des coefficients de condition sont regroupées mensuellement comme les valeurs du RGS afin d'obtenir un cycle annuel. Si l'on compare les valeurs de K uniquement prenant en compte le poids total de l'individu (fig. 70), on remarque des valeurs plus élevées pour les femelles en période de pré-reproduction. Les valeurs chutent brutalement au moment de la reproduction correspondant au minimum des RGS. Si l'on compare maintenant les valeurs de K1 sans les gonades (fig 70), les différences de corpulence sont très peu différentes entre les deux sexes et c'est lors de la période de repos sexuel que les valeurs sont les plus élevées. Cela peut être expliqué par une nourriture plus abondante durant cette période avec une utilisation plus importante de l'énergie pour le développement somatique.

5.4.2. Rapport hépato-somatique moyen; graisses

Le rapport hépato-somatique est plus faible que le RGS pour les deux sexes et évolue différemment (fig. 71).

Les valeurs les plus faibles sont situées en post-ponte; le RHS augmente à nouveau lors de la maturation des gonades indiquant la restauration du poids du foie. Ces résultats illustrent le rôle de l'activité hépatique lors du développement sexuel.

¹² 38 larves.

¹³ 61 larves.

Pendant la période estivale, nous avons observé des amas graisseux autour de l'appareil digestif, bien que la perche soit considérée comme un poisson "maigre". Ces graisses ont été observées seulement en été 1991 (juin) chez 19 individus et non aux autres saisons, avec un poids voisin ou supérieur à celui du foie (fig. 72) ($1,46 \pm 0,9$ g pour les femelles; $1,43 \pm 0,5$ g pour les mâles). Elles apparaissent à la fin de la période de repos sexuel et correspondent peut-être à un stockage d'énergie sous une autre forme qu' hépatique en vue de la reproduction suivante. L'augmentation de ces lipides chez *Perca fluviatilis* après le frai a également été observée sur d'autres plans d'eau français comme la retenue de Pareloup en Aveyron (Ferroni *et al.*, 1992).

Tableau XXII: Variations mensuelles du coefficient de condition moyen (K) de *Perca fluviatilis*.

		Effectif N	K	
1987	Avril	5	1,24	
	Mal	16	1,41	
	Juin	95	1,46	
	Juillet	136	1,38	
	Aout	164	1,42	
	Septembre	17	1,37	
	Octobre	51	1,44	
	Novembre	7	1,34	
	Décembre	32	1,33	
	1988	Avril	8	1,18
		Mai	10	1,24
		Juillet	96	1,29
Septembre		97	1,20	
1989	Octobre	71	1,30	
	Décembre	85	1,19	
	Avril	71	1,00	
	Mai	46	1,08	
1990	Juin	17	0,93	
	Juillet	3	1,00	
	Septembre	71	1,17	
	Novembre	4	1,14	
	Janvier	54	1,16	
	Février	52	1,21	
1991	Mars	12	1,22	
	Octobre	53	1,19	
	Novembre	76	1,15	
	Février	192	1,10	
	Mars	2	1,17	
	Juin	277	1,23	
	Octobre	53	1,52	

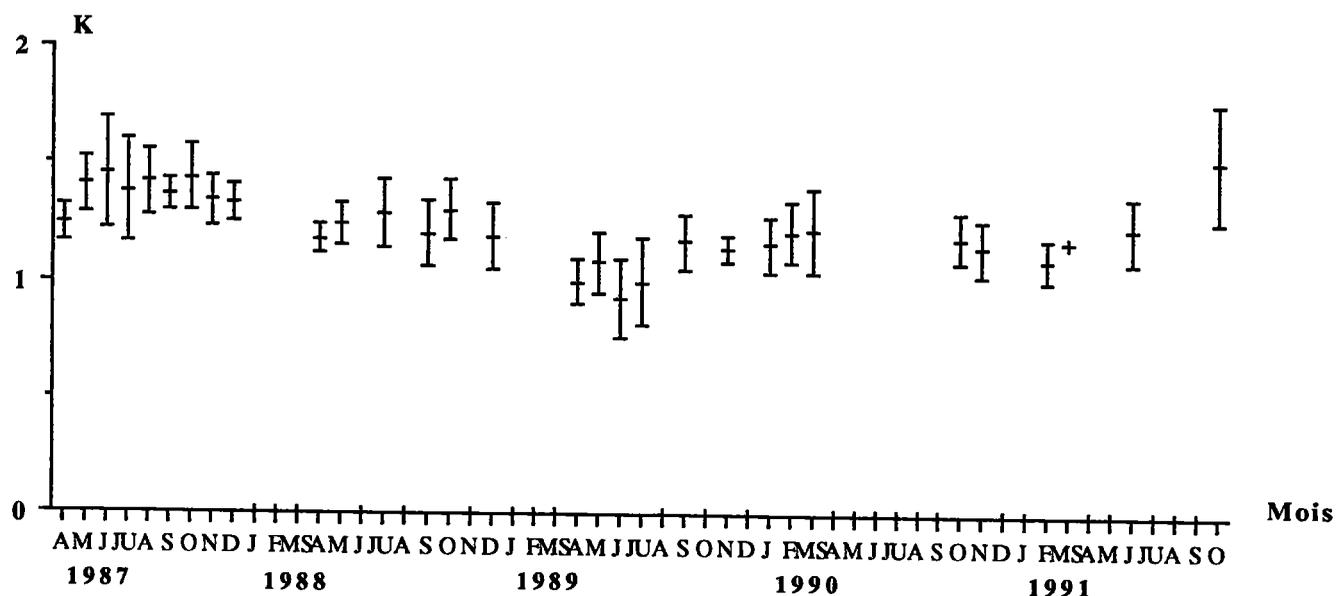
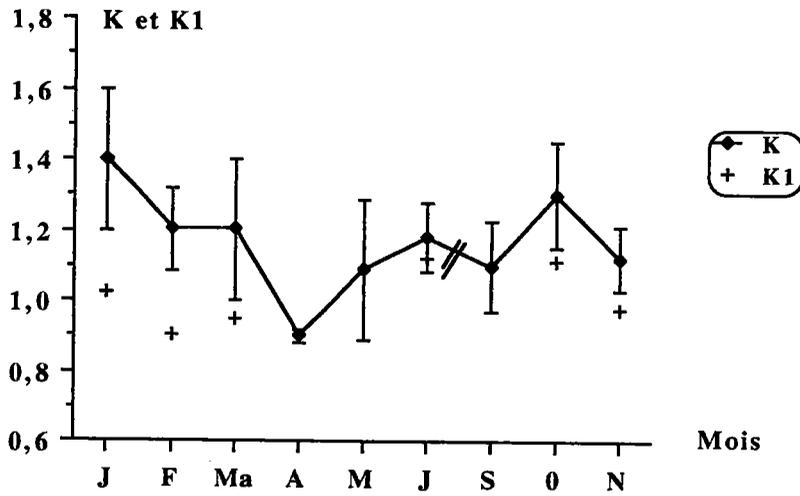


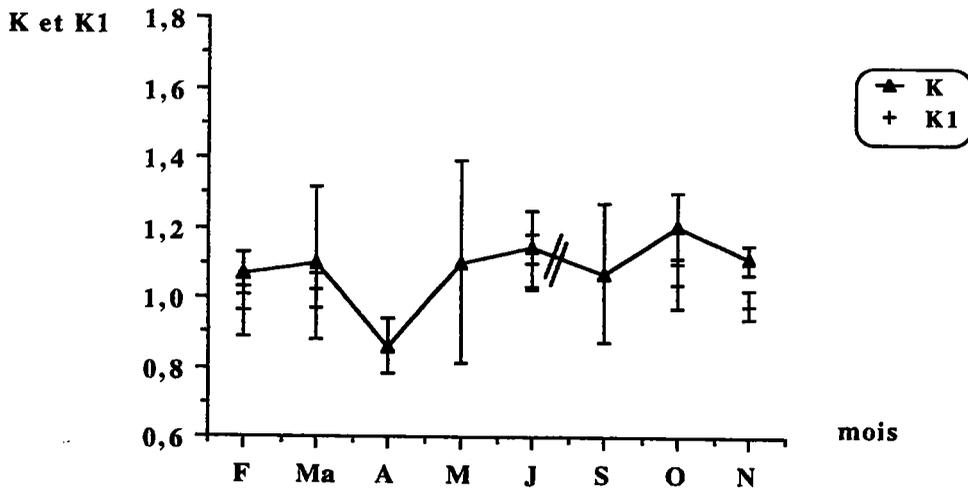
Figure 69: Représentation des fluctuations mensuelles de K moyen de la perche dans le réservoir du Mirgenbach.



Variations des coefficients de condition moyen des perches femelles

K prend en compte le développement général du poisson

K1 prend en compte le développement somatique seul



Variations des coefficients de condition moyen des perches mâles

K prend en compte le développement général du poisson

K1 prend en compte le développement somatique seul

Figure 70: Variations des coefficients de condition moyen par sexe.

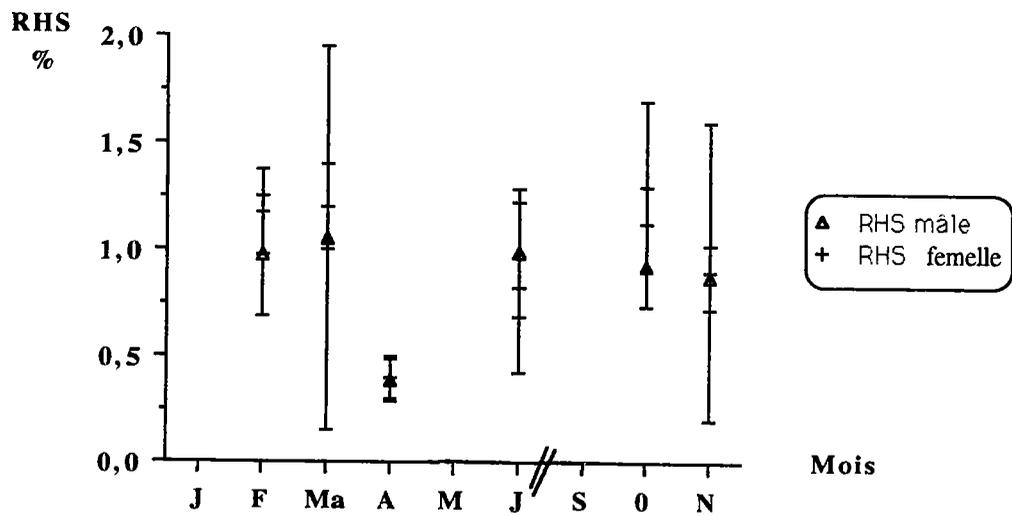


Figure 71: Evolution saisonnière du RHS moyen des perches mâles et femelles

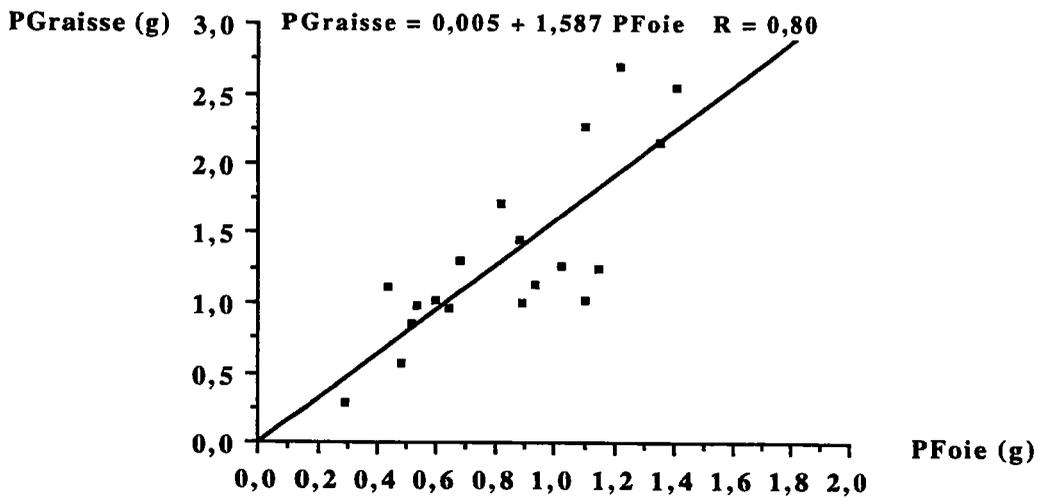


Figure 72: Relation entre poids du foie (g) et poids de la graisse (g) des perches mâles et femelles capturées en juin 1991; Réservoir du Mirgenbach.

5.5. Démographie

5.5.1. Evolution du taux de masculinité

*Evolution saisonnière (fig. 73)

Les captures des mâles sont plus élevées que celles des femelles au moment de la fraie. Les femelles à cette période se déplacent peu dans leur aire de reproduction. Les filets maillants verticaux capturent les poissons plus mobiles, en particulier les mâles à cette période. Durant l'été, les captures sont équivalentes pour les deux sexes alors que l'indice de masculinité est moins important à l'automne.

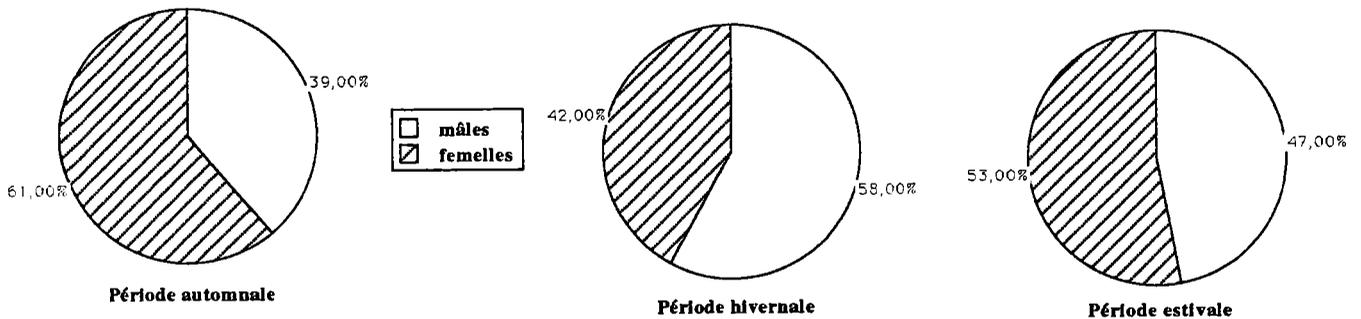


Figure 73: Evolution saisonnière du Taux de masculinité.

*Evolution en fonction de l'âge (fig. 74)

A partir de 5 ans, le taux de masculinité diminue avec l'augmentation de l'âge. Dans le réservoir du Mirgenbach, il semble y avoir une mortalité supérieure des mâles par rapport aux femelles; les individus les plus grands et les plus âgés sont essentiellement des femelles. Les mâles plus actifs et mobiles sont plus facilement capturables par les pêcheurs à la ligne, ce qui peut également expliquer ce déséquilibre. Pour un âge inférieur à 5 ans, ce taux est de moitié environ sauf pour la première année où la capture des femelles est un peu plus importante.

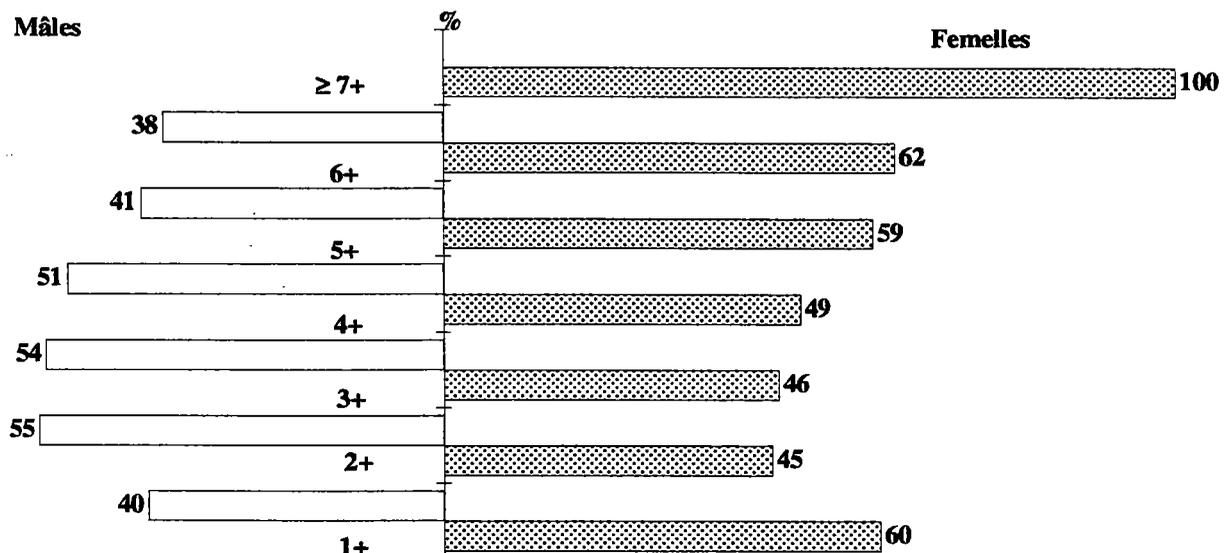


Figure 74: Evolution du Taux de masculinité en fonction de l'âge . 1990-1991.

5.5.2. Fécondité

La perche du Mirgenbach ne fraie qu'une fois par an et après la ponte, quelques ovules ne sont pas expulsés. Le nombre d'ovules compris dans les gonades femelles est calculé sur des individus capturés en février 1991 avant le frai. Ce nombre varie de 8138 à 200886 (tableau XXIII). Le diamètre des ovules varie de 1 à 1,1 mm avec une moyenne de $1,06 \pm 0,05$.

Nous pouvons à partir de ces données représenter après transformation logarithmique la relation entre la longueur totale et la fécondité absolue correspondante (fig. 75). Pour des classes de taille voisines, la fécondité est variable. Malgré cela, avec un bon coefficient de corrélation, nous constatons l'augmentation de la fécondité absolue avec la taille des perches.

Tableau XXIII: Estimation de la fécondité absolue (nombre moyen d'ovules) de la perche dans le réservoir du Mirgenbach (février 1991).

LT (cm)	PT (g)	Sous-échantillonnage			Moyenne	P gonade (g)	Fécondité absolue
		1	2	3			
22,7	112	918	1010	1033	987,00	15,67	15466,29
21,4	109	817	893	922	877,33	13,98	12265,12
42	1365	832	813	789	811,33	247,60	200886,13
21,9	131	821	803	778	800,67	23,34	18687,56
21,7	124,7	751	729	743	741,00	28,50	21118,50
25,3	194,4	901	943	918	920,67	32,06	29516,57
20,6	95,2	569	584	591	581,33	14,00	8138,67
21	113,8	722	758	698	726,00	18,80	13648,80
21,2	101,9	618	651	697	655,33	15,50	10157,67
24,3	143,56	871	843	904	872,67	23,00	20071,33
23,5	134,5	1003	947	956	968,67	20,38	19741,43
22	115,59	827	842	859	842,67	25,09	21142,51
21,6	108	803	798	825	808,67	15,70	12696,07

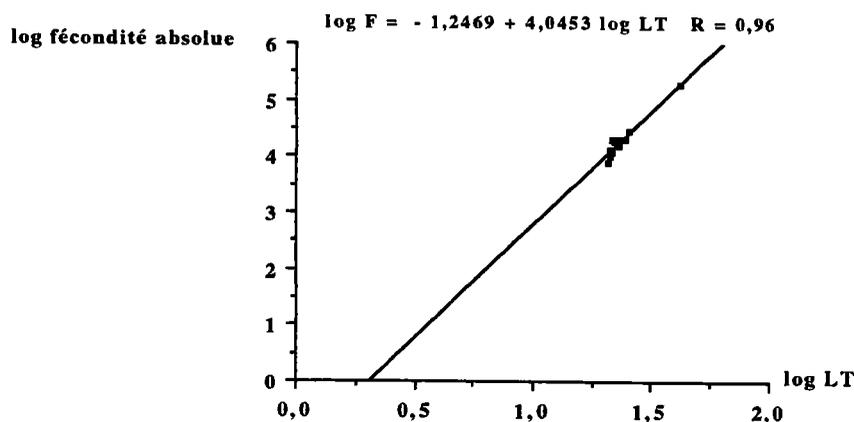


Figure 75: Relation logarithmique entre la fécondité absolue et la longueur totale des perches; Réservoir du Mirgenbach, février 1991.

6. Régime alimentaire

Afin de connaître les relations existant entre les ressources trophiques et les besoins nutritifs de la perche dans une problématique biologique, une étude de son régime alimentaire est réalisée sur le cycle annuel 1990-1991.

6.1. Echantillonnage

212 perches ont été échantillonnées pour l'étude des contenus stomacaux à l'issue des campagnes de pêche aux filets verticaux. Les tailles varient de 7 à 42 cm (fig. 76).

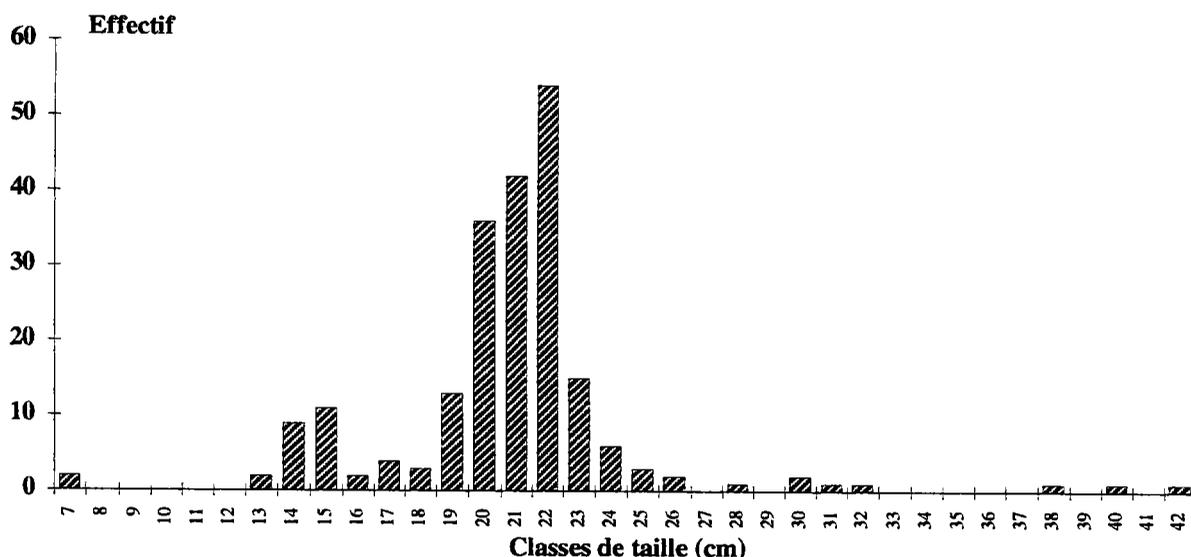


Figure 76 : Effectif des perches échantillonnées pour l'étude du régime alimentaire en fonction des classes de taille (cm).

Il n'a pas été réalisé de sous-échantillonnage du bol alimentaire de chaque perche, même lorsque le nombre de proies zooplanctoniques était élevé.

6.2. Indice de vacuité

L'indice de vacuité (fig. 77) calculé sur les 3 périodes, hiver-été-automne, montre une évolution avec un pourcentage d'estomacs vides plus élevé durant la période estivale (25 %). Ce pourcentage est de 10 en hiver, les perches s'alimentant encore à cette période. Sur l'ensemble des estomacs examinés, ce coefficient est de 16 %.

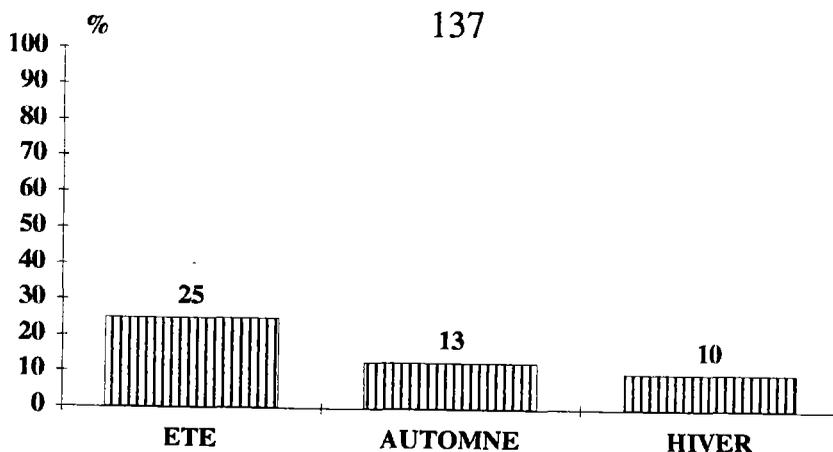


Figure 77: Variations saisonnières de l'indice de vacuité des perches.

6.3. Spectre alimentaire

Perca fluviatilis a un régime alimentaire composé de nourriture animale, comprenant des invertébrés et des vertébrés. Cette nourriture animale est principalement composée de Mollusques, de Crustacés, d'Insectes et de Poissons comme la grémille, le gardon et la perche, cette dernière attestant de son cannibalisme dans le réservoir du Mirgenbach (tableau XXIV).

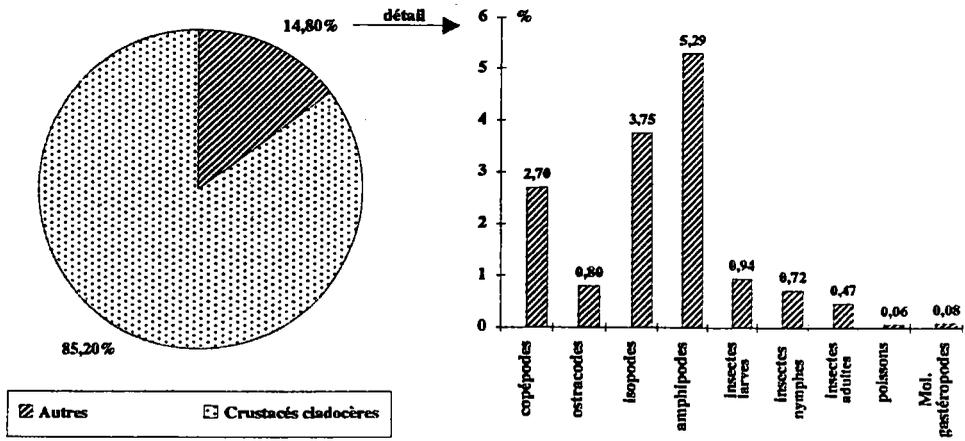
Tableau XXIV: Spectre alimentaire de *Perca fluviatilis* dans le réservoir du Mirgenbach.

Invertébrés	
<p>MOLLUSQUES Gastéropodes-prosobranches</p> <p><i>Hydrobiidae</i> <i>Potamopyrgus</i> <i>Bithyniidae</i> <i>Bithynia</i> <i>Bythinellidae</i> <i>Bythinella</i></p> <p>CRUSTACÉS Cladocères</p> <p><i>Bosmina longirostris</i> <i>Chydoridae</i> sp. <i>Daphnia longispina</i> avec ephippium <i>Diaphanosoma</i> <i>leptodora kindtii</i></p> <p>Copépodes</p> <p><i>Cyclopida</i> <i>Calanida</i></p> <p>Ostracodes</p> <p>Isopodes</p> <p><i>Asellus aquaticus</i></p> <p>Amphipodes</p> <p><i>Gammarus pulex</i></p>	<p>INSECTES <u>LARVES</u></p> <p>Ephéméroptères Odonates Anisoptera (exuvies) <i>Libellulidae-aeschnidae</i></p> <p>Diptères <i>Chironomidae</i> <i>Ceratopogonidae</i></p> <p>Tricoptères <i>Hydropsychidae</i> <i>Leptoceridae</i> <i>-Mystacides nigra</i> <u>NYMPHES</u></p> <p>Diptères <i>Chironomidae</i> <i>Chironominae</i> <i>Culicidae</i> <u>ADULTES</u></p> <p>Hétéroptères Hydrocorise <i>Corixidae</i> <i>Nepidae</i></p> <p>Plécoptères Scitpalpe <i>Perlodidae</i></p> <p>Odonates Anisoptera <i>Libellulidae-aeschnidae</i></p> <p>Coléoptères <i>Dytiscidae</i></p>
Vertébrés	
<p>POISSONS</p> <p>Perche <i>Perca fluviatilis</i> Gardon <i>Rutilus rutilus</i> grémille <i>Gymnocephalus cernua</i></p>	

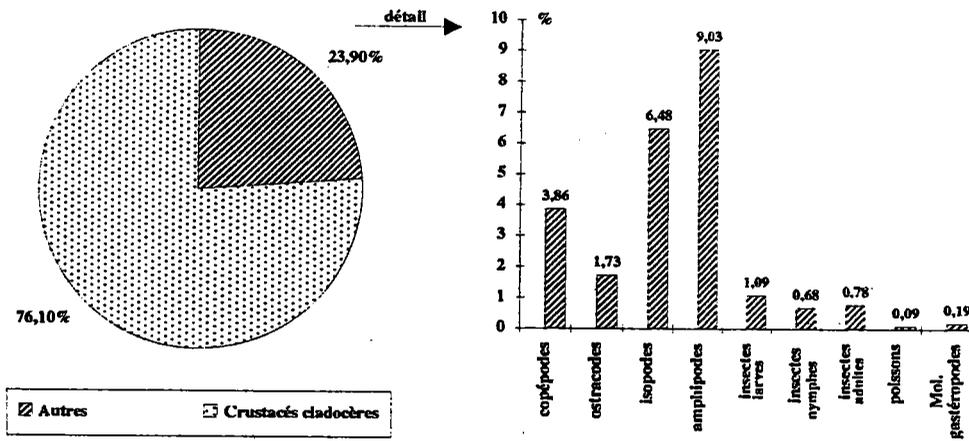
L'analyse qualitative du contenu digestif de la perche indique une nourriture comparable avec les données bibliographiques (cf. paragraphe 4, première partie). La perche, prédateur, se nourrit essentiellement de zooplancton et d'insectes mais contribue également au contrôle démographique des populations de poissons.

Afin d'observer des variations entre les saisons et les sexes, nous avons réalisé le régime alimentaire global de la perche en contribution numérique N% (rapport entre le nombre d'individus d'un item et le nombre total d'organismes présents dans l'estomac) sur les 3 périodes (fig. 78, 79 et 80). Cela ne prend pas en compte les classes de taille.

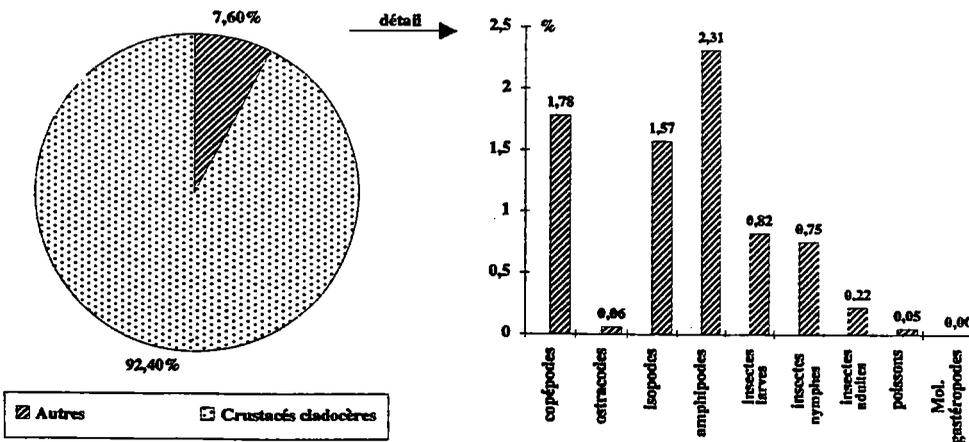
Le régime alimentaire global est peu différent entre les sexes, avec une nette dominance des Crustacés Cladocères représentant plus de 75 % (fig. 78). Viennent ensuite par ordre de préférence, les gammares (Amphipodes) et les aselles (Isopodes), plus appréciés par les femelles. Les insectes et les poissons ne représentent qu'un faible %. Les mollusques gastéropodes n'ont été identifiés que dans l'estomac des femelles. La tendance est la même pour les variations saisonnières (fig. 79 et 80), où les cladocères dominent également, à l'exception des mâles en période automnale; ceux-ci préfèrent les gammares et les Copépodes. L'alimentation est toujours très variée selon les saisons avec des préférences; ceci est à mettre en relation bien sûr avec les classes de taille, mais également avec l'échantillonnage.



FEMELLES ET MALES

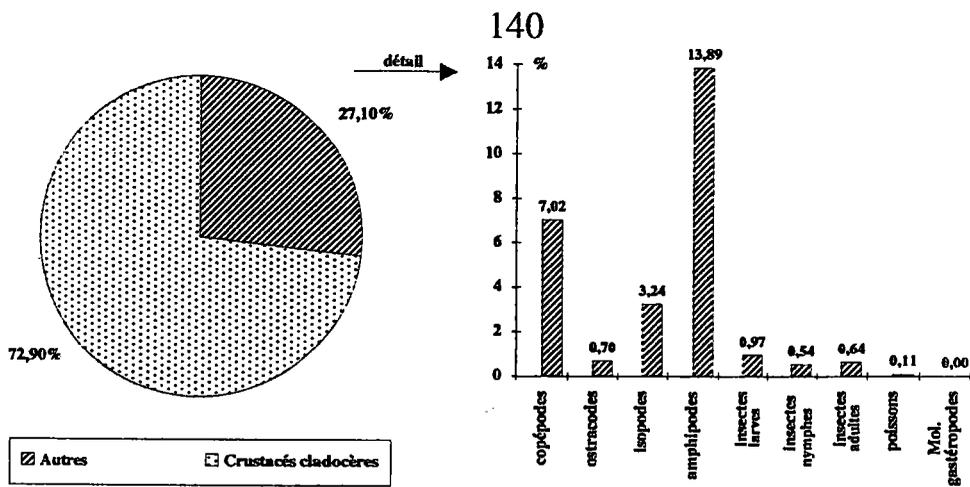


FEMELLES

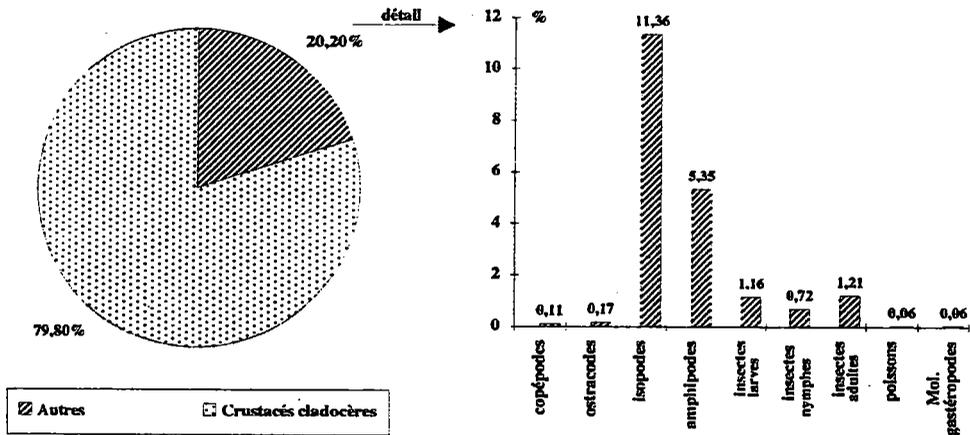


MALES

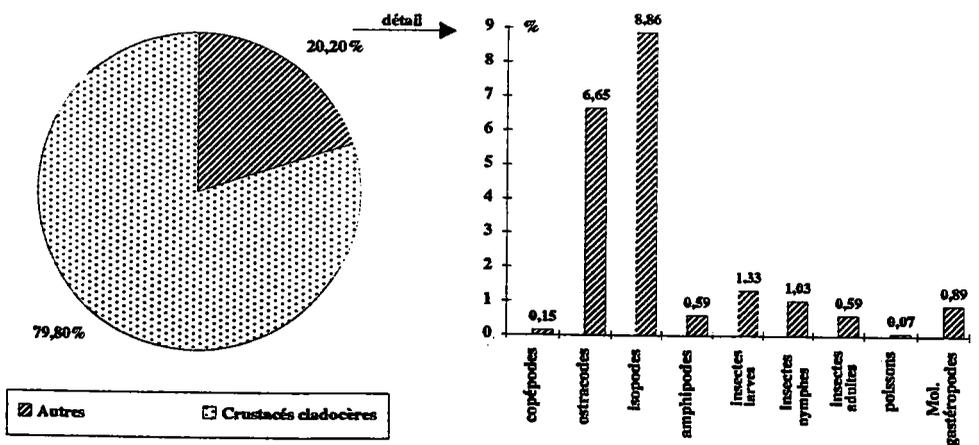
Figure 78: Régime alimentaire global des perches (en % numérique).



**FEMELLES
PERIODE AUTOMNALE**



**FEMELLES
PERIODE HIVERNALE**



**FEMELLES
PERIODE ESTIVALE**

Figure 79: Régime alimentaire global des perches femelles (en % numérique) suivant les saisons.

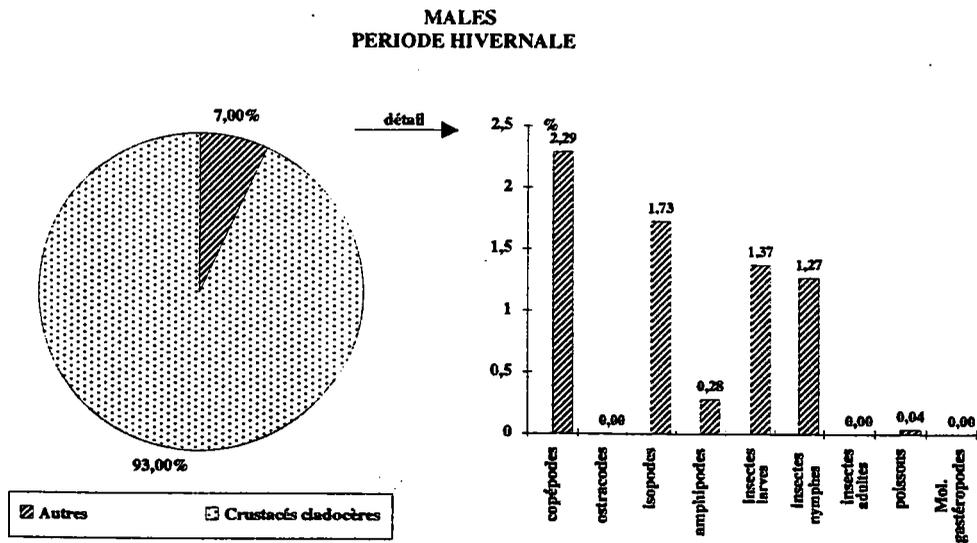
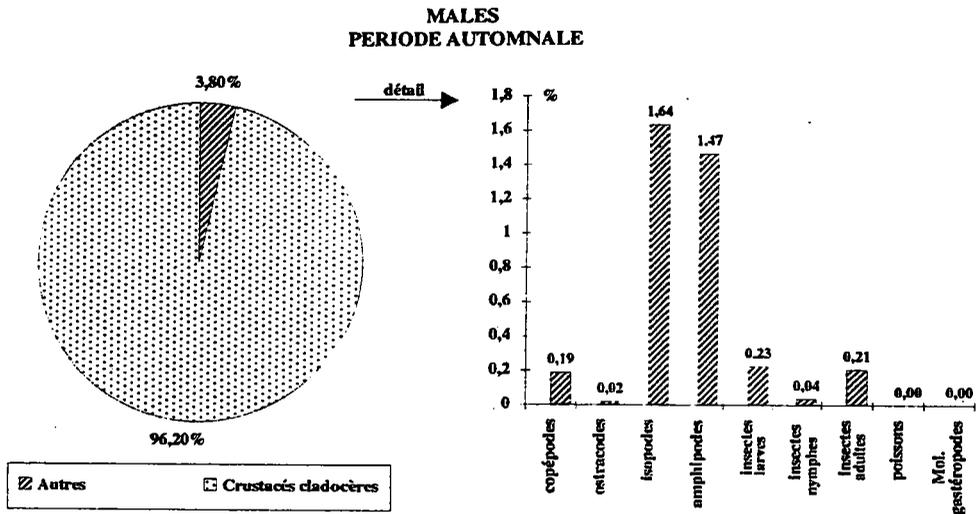
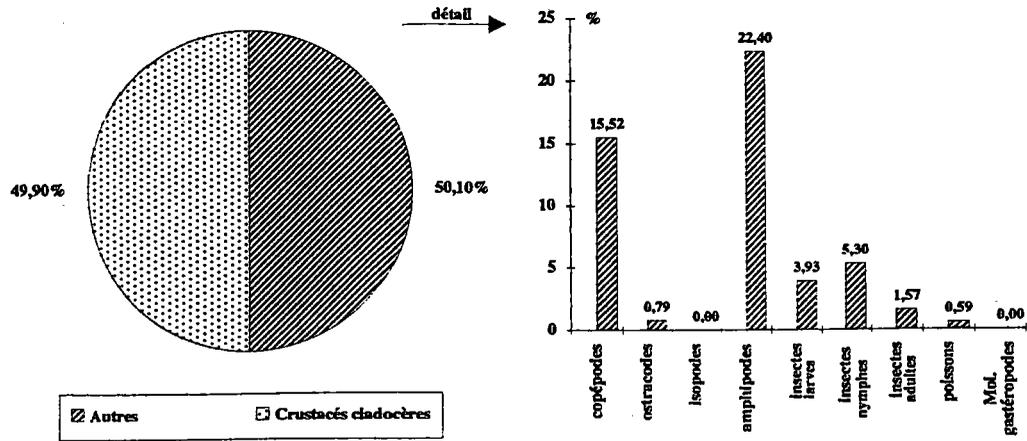


Figure 80: Régime alimentaire global des perches mâles (en % numérique) suivant les saisons.

6.4. Alimentation en fonction de la taille

Pour cette étude, le faible nombre de poissons examinés dans les petites classes de taille est dû à l'échantillonnage. En effet, en juin 1991, les pêches se sont déroulées à une période chaude où une grande partie des poissons démaillés étaient en état de décomposition avancée, liée à la chaleur mais aussi au temps passé dans les filets verticaux (pose de 24 h). Cela nous a obligé à réduire le nombre d'observations pour cet été. Néanmoins, malgré ce faible effectif, nous avons représenté l'évolution du régime alimentaire en fonction des longueurs totales et du sexe des perches (fig. 81 et 82). La nomenclature représentant chaque proie est indiquée dans le tableau XXV.

Les perches dont la taille est inférieure à 14 cm ingèrent essentiellement du plancton, avec une prédation sélective sur *Daphnia longispina*, représentant parfois 100 % du contenu alimentaire. Les larves d'insectes comme les Chironomides ainsi que ses nymphes sont les insectes qui dominent. La perche ingère donc déjà des macroinvertébrés dès sa première année.

De 14 à 18 cm, la perche s'alimente de plus en plus d'insectes mais également d'aselles. Lorsque ceux-ci augmentent en nombre, le % de daphnies diminue sensiblement. Nous pouvons penser que ces différences sont dues également à l'emplacement des perches au moment des captures, dans les zones pélagiques ou littorales.

Au delà de 18 cm, les perches mâles et femelles élargissent leur alimentation. Outre les taxons déjà cités, nous observons d'autres cladocères, d'autres insectes, ainsi que l'ingestion d'un gardon pour les mâles. Etant donné que l'effectif d'individus est faible en dessous de cette taille, nous ne pouvons affirmer que l'ichtyophagie de la perche débute à 18 cm dans le réservoir.

En ce qui concerne les mâles, ils s'alimentent de daphnies jusqu'à 25 cm. Par contre, le % de daphnies diminue progressivement avec l'augmentation de la taille des femelles. Elles s'alimentent essentiellement d'Isopodes, d'Amphipodes, d'Insectes, de Mollusques et de Poissons comme le gardon, la grémille et la perche.

Tableau XXV: Nomenclature des proies ingérées par *Perca fluviatilis*.

1: <i>Daphnia longispina</i>	11: <i>Gammarus pulex</i>	21: Plécoptères
2: <i>Daphnia non identifiée</i>	12: Larves Ephéméroptères	22: Odonates
3: <i>Bosmina longirostris</i>	13: Odonates	23: Coléoptères
4: <i>Diaphanosoma</i>	14: Diptères Chironomides	24: Adultes non identifiés
5: <i>Chydoridae</i>	15: Diptères autres	25: Perche
6: <i>Leptodora</i>	16: Tricoptères	26: Gardon
7: <i>Cyclopides</i>	17: Nymphes Diptères Chironomides	27: Grémille
8: <i>Calanides</i>	18: Diptères autres	28: <i>Gastéropodes hydrobiidés</i>
9: <i>Ostracodes</i>	19: Adultes Hétéroptères Corix	29: <i>Gastéropodes Bythyniidés</i>
10: <i>Asellus aquaticus</i>	20: Hétéroptères autres	30: <i>Gastéropodes Bythinellidés</i>

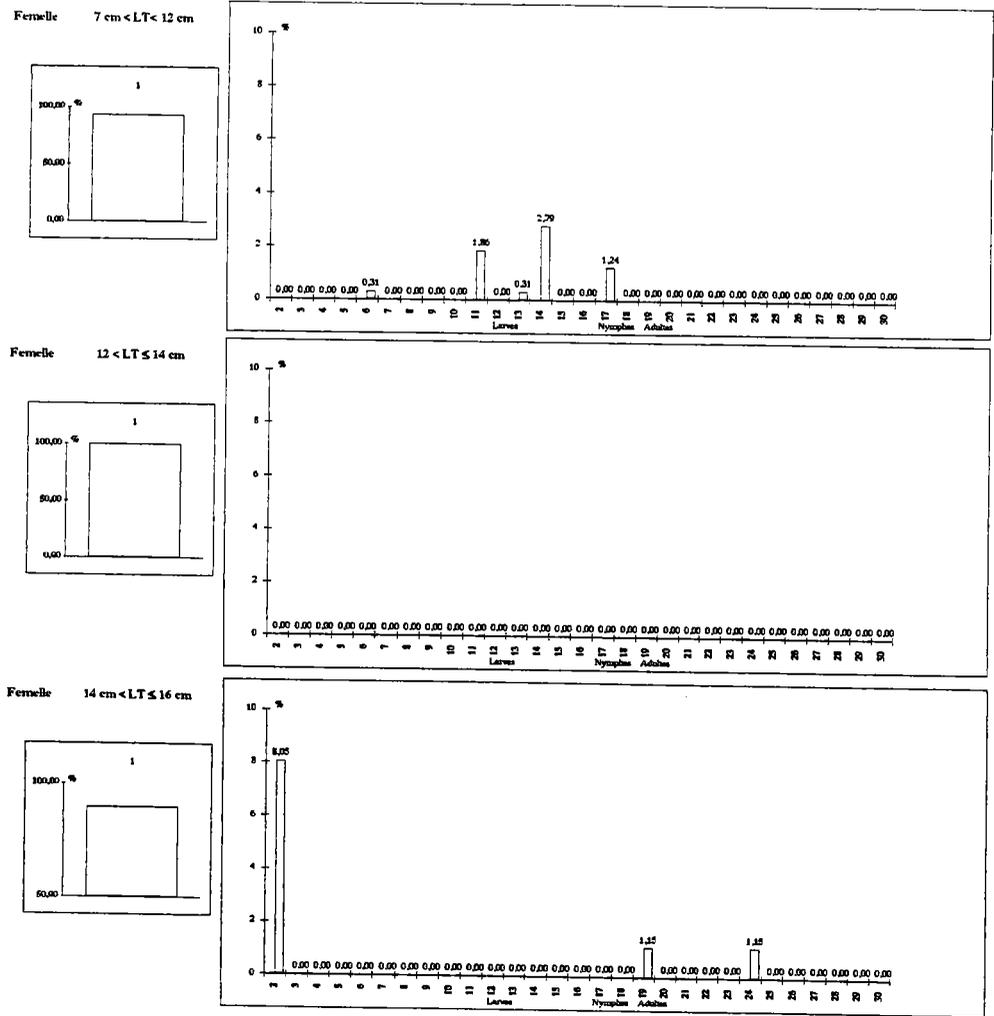
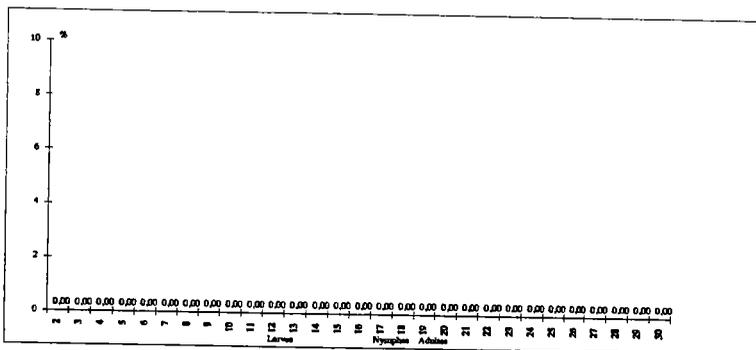
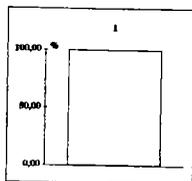
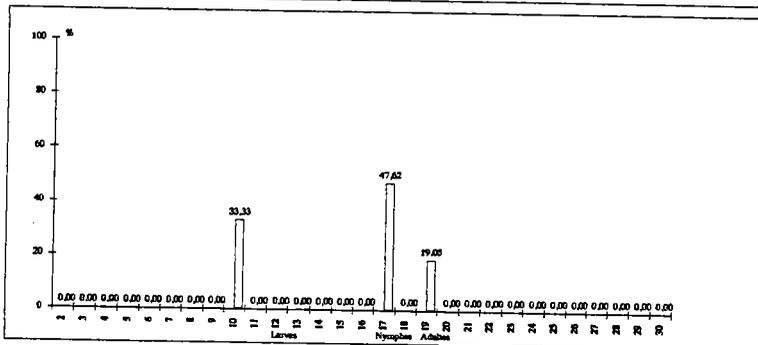
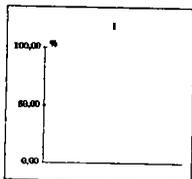


Figure 81: Alimentation en fonction de la taille des perches femelles.

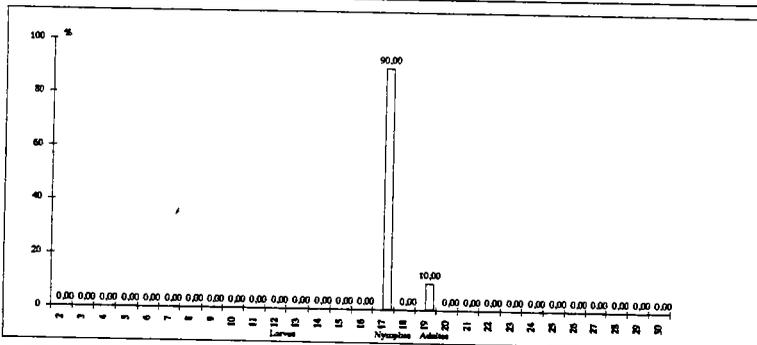
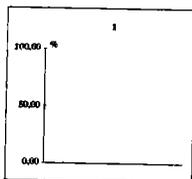
Mâle 12 cm < L.T.S 14 cm



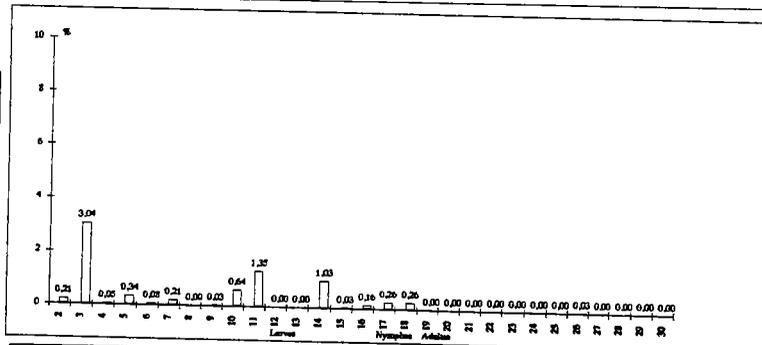
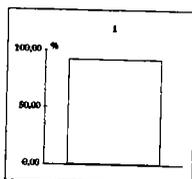
Mâle 14 cm < L.T.S ≤ 16 cm



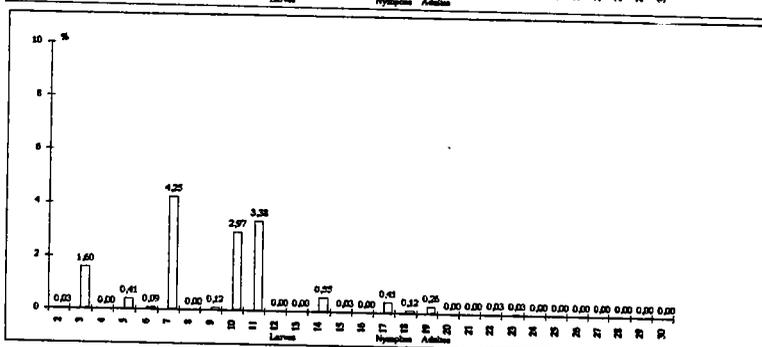
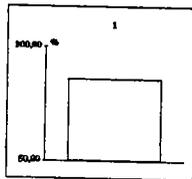
Mâle 16 cm < L.T.S ≤ 18 cm



Mâle 18 cm < L.T.S ≤ 20 cm



Mâle 20 cm < L.T.S ≤ 22 cm



Mâle 22 cm < L.T.S ≤ 25 cm

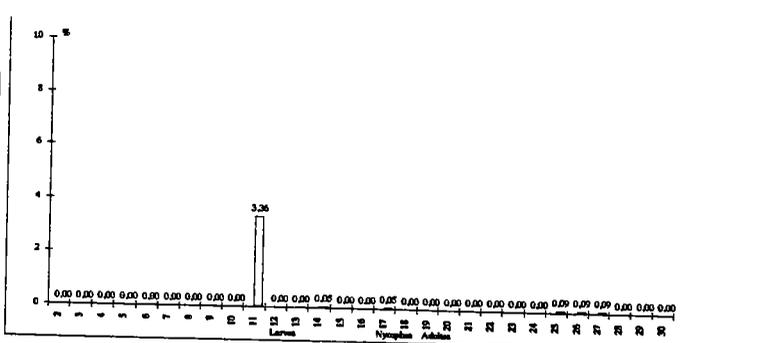
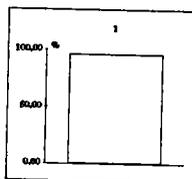


Figure 82: Alimentation en fonction de la taille des perches mâles.

6.5. Regroupement par classes de taille, par sexe, par saison et par taxon.

Afin de synthétiser toutes les données acquises, nous avons réalisé une analyse factorielle des correspondances simples prenant en compte 4 paramètres concernant la perche: le sexe, la saison de capture, les classes de taille et les types de proies ingérées par l'espèce.

Le tableau de contingence en contribution numérique % (tableau XXVI) comporte 22 descripteurs (taxons et saisons) et 12 objets pour les femelles (classes de taille), 7 pour les mâles. Ce tableau prend en compte toutes les perches analysées pour l'étude du contenu stomacal.

L'analyse factorielle des correspondances simples est représentée figure 83. Les classes de taille des femelles sont identifiées de la manière suivante: 1: 7cm; 2: 12-14cm; 3: 14-16 cm;; 9: > 26 cm. Pour les mâles: M1: 12-14 cm; M2: 14-16 cm; ... M7: 24-25 cm. Ces résultats recoupent les observations précédentes. Les perches, dont la taille est comprise entre 7 et 14 cm, sont essentiellement zooplanctonophages. Leur nourriture ciblée est *Daphnia longispina* (espèce de Cladocère dominante dans le réservoir (Marzou, thèse en cours))

Les classes de taille (16 à 20 cm) sont liées au descripteur insecte en été et en automne. Les classes de taille les plus élevées se regroupent en hiver, liées encore aux cladocères pour les mâles mais également aux insectes essentiellement adultes, aux amphipodes, isopodes et aux poissons. A partir de 28 cm, les femelles sont exclusivement piscivores.

6.6. Indice de fréquence.

Cet indice $F\%$, défini par le nombre d'estomacs où est présent chaque item par rapport au nombre d'estomacs examinés, est représenté saisonnièrement dans les tableaux XXVII, XXVIII, et XXIX.

En hiver, nous avons surtout capturé des géniteurs, situés dans les zones plus profondes des stations littorales. Ces perches, capturées avant la reproduction essentiellement dans la station G, ont une nourriture très diversifiée. Cette station, également très riche en couverture végétale, permet l'ingestion d'insectes adultes, gammarés et isopodes, ostracodes en profondeur. Les femelles capturées dans cette station avaient ingéré les mollusques.

Femelles

C de taille (cm)	1E	1A	1H	2E	2A	2H	3E	3A	3H	4E	4A	4H	5E	5A	5H	6E	6A	6H	7E	7A	7H	
7	94,0	/	/	1,8	/	/	3,0	/	/	1,2	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
12-14	/	100,0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
14-16	98,0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	2,0	/	/	/	/	/	/	/	/	/
16-18	/	/	/	/	25,0	/	/	58,0	/	/	17,0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
18-20	/	5,0	77,0	/	91,0	18,0	/	2,0	/	/	2,0	5,0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
20-22	83,0	96,0	94,0	15,5	2,4	3,0	/	0,4	1,0	0,8	0,5	0,5	/	0,7	1,5	/	/	/	0,8	/	/	/
22-24	90,0	9,0	14,5	/	86,0	81,5	4,0	5,0	2,0	3,0	0,3	/	2,0	/	1,4	1,0	/	/	/	/	/	0,3
24-26	62,0	67,0	43,0	32,0	/	52,0	/	/	5,0	/	/	/	/	/	/	/	33,0	/	6,0	/	/	/
26-28	/	/	/	/	/	/	/	20,0	/	/	/	/	/	80,0	/	/	/	/	/	/	/	/
28-30	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	100,0	/	/	/	/
30-32	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	100,0	/	/	/	/	/
> 32	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	100,0	/	/	/	/	/

Mâles

C de taille (cm)	1E	1A	1H	2E	2A	2H	3E	3A	3H	4E	4A	4H	5E	5A	5H	6E	6A	6H	7E	7A	7H	
12-14	/	100,0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
14-16	/	/	/	100,0	/	/	/	/	/	/	75,0	/	25,0	/	/	/	/	/	/	/	/	/
16-18	/	/	/	/	/	/	/	/	/	100,0	71,0	/	/	29,0	/	/	/	/	/	/	/	/
18-20	35,0	/	98,0	15,0	4,0	1,8	26,5	77,0	0,2	23,5	15,0	/	/	/	/	/	4,0	/	/	/	/	/
20-22	97,0	53,0	93,0	0,8	45,0	6,0	1,1	/	0,3	1,1	2,0	0,2	/	/	0,6	/	/	/	/	/	/	/
22-24	98,0	/	/	1,5	94,0	/	0,3	/	/	0,3	/	/	/	/	/	/	6,0	/	/	/	/	/
24-25	50,0	/	/	44,0	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/	6,0	/	/	/	/	/	/

1: Cladocères, Copépodes, Ostracodes

2: Amphipodes, Isopodes

3: Insectes larves

4: Insectes nymphes

5: Insectes imagos

6: Poissons

7: Mollusques gastéropodes

A: Automne

E: Été

H: Hiver

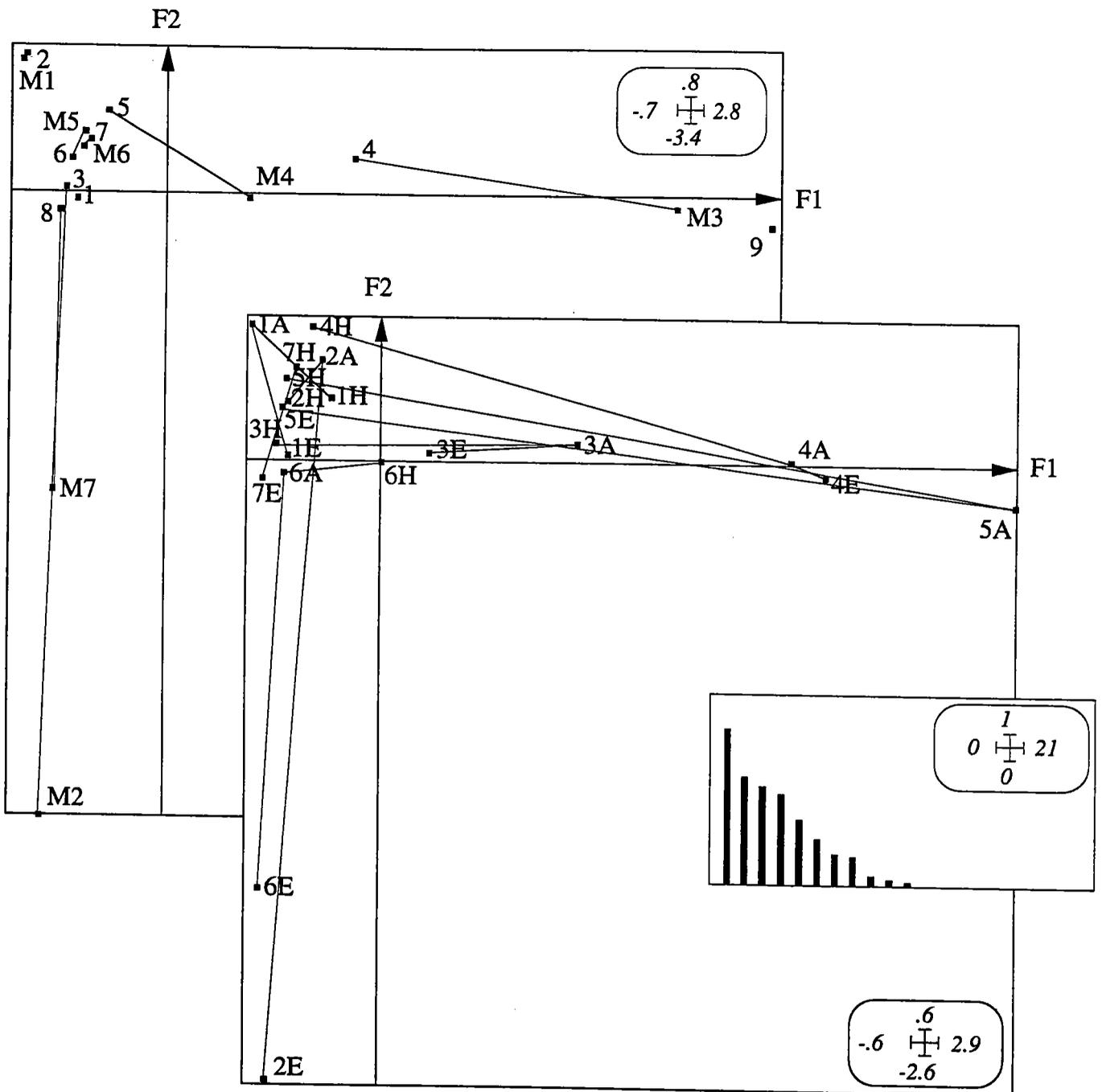


Figure 83: Analyse factorielle des correspondances simples. Alimentation.

Tableau XXVII: Composition des contenus digestifs de *Perca fluviatilis*.
 Indice de fréquence. Hiver.

HIVER

	n=0	n=0	n=0	n=0	n=24	n=46	n=8	n=1	n=0	n=1	n=0
	7 cm	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	> 30
1: <i>Daphnia longispina</i>	0	0	0	0	79,2	56,5	25	0	0	0	0
2: <i>Daphnia</i> non identifiée	0	0	0	0	4,2	2,2	0	0	0	0	0
3: <i>Bosmina longirostris</i>	0	0	0	0	45,8	32,6	12,5	0	0	0	0
4: <i>Diaphanosoma</i>	0	0	0	0	20,8	0	0	100	0	0	0
5: Chydoridae	0	0	0	0	16,7	8,7	25	100	0	0	0
6: Leptodora	0	0	0	0	8,3	19,6	25	100	0	0	0
7: Cyclopidés	0	0	0	0	8,3	4,3	0	0	0	0	0
8: Calanides	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
9: Ostracodes	0	0	0	0	4,2	0	25	0	0	0	0
10: <i>Asellus aquaticus</i>	0	0	0	0	25	30,4	75	100	0	0	0
11: <i>Gammarus pulex</i>	0	0	0	0	75	43,5	62,5	100	0	0	0
12: Larves Ephéméroptères	0	0	0	0	0	2,2	0	0	0	0	0
13: Odonates exuvies	0	0	0	0	0	0	12,5	0	0	0	0
14: Diptères Chironomides	0	0	0	0	12,5	13	37,5	0	0	0	0
15: Diptères autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16: Tricoptères	0	0	0	0	8,3	6,5	12,5	100	0	0	0
17: Nymphes Diptères Chironomides	0	0	0	0	4,2	10,9	0	0	0	0	0
18: Diptères autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
19: Adultes Hétéroptères Corix	0	0	0	0	0	8,7	12,5	0	0	0	0
20: Hétéroptères autres	0	0	0	0	0	2,2	0	0	0	0	0
21: Plécoptères	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0
22: Odonates	0	0	0	0	0	6,5	0	0	0	0	0
23: Coléoptères	0	0	0	0	0	2,2	0	0	0	0	0
24: Adultes non identifiés	0	0	0	0	0	0	12,5	0	0	0	0
25: Perche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	100	0
26: Gardon	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
27: Grémille	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28: Gastéropodes hydroblidés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
29: Gastéropodes Bythyniidés	0	0	0	0	0	0	12,5	0	0	0	0
30: Gastéropodes Bythinellidés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Tableau XXVIII: Composition des contenus digestifs de *Perca fluviatilis*.
Indice de fréquence. Été.

ETE	n=2	n=0	n=9	n=1	n=10	n=17	n=7	n=1	n=0	n=0	n=0
	7 cm	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	> 30
1: <i>Daphnia longispina</i>	100	0	55,5	0	40	76,5	85,7	0	0	0	0
2: <i>Daphnia</i> non identifiée	0	0	11,1	0	0	0	0	0	0	0	0
3: <i>Bosmina longirostris</i>	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
4: <i>Daphanosoma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5: Chydoridae	0	0	0	0	0	11,8	0	0	0	0	0
6: Leptodora	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
7: Cyclopides	0	0	0	0	0	23,5	0	100	0	0	0
8: Calanides	0	0	0	0	0	0	14,3	0	0	0	0
9: Ostracodes	0	0	0	0	0	11,8	14,3	100	0	0	0
10: <i>Asellus aquaticus</i>	0	0	22,2	0	50	41,2	0	100	0	0	0
11: <i>Gammarus pulex</i>	50	0	0	0	0	17,6	14,2	0	0	0	0
12: Larves Ephéméroptères	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
13: Odonates exuvies	50	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14: Diptères Chironomides	100	0	0	0	80	23,5	14,2	0	0	0	0
15: Diptères autres	0	0	0	0	0	5,9	0	0	0	0	0
16: Tricoptères	0	0	0	0	20	0	14,2	0	0	0	0
17: Nymphes Diptères Chironomides	50	0	0	100	20	47	14,2	0	0	0	0
18: Diptères autres	0	0	0	0	20	5,9	0	0	0	0	0
19: Adultes Hétéroptères Corix	0	0	22,2	0	0	0	14,2	0	0	0	0
20: Hétéroptères autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21: Plécoptères	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22: Odonates	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
23: Coléoptères	0	0	0	0	0	5,9	0	0	0	0	0
24: Adultes non identifiés	0	0	22,2	0	0	0	0	0	0	0	0
25: Perche	0	0	0	0	0	0	14,2	0	0	0	0
26: Gardon	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0
27: Grémille	0	0	0	0	0	0	14,2	0	0	0	0
28: Gastéropodes hydrobiidés	0	0	0	0	0	0	14,2	100	0	0	0
29: Gastéropodes Bythyniidés	0	0	0	0	0	5,9	0	100	0	0	0
30: Gastéropodes Bythinellidés	0	0	0	0	0	0	0	100	0	0	0

Tableau XXIX: Composition des contenus digestifs de *Perca fluviatilis*.
 Indice de fréquence. Automne.

AUTOMNE

	n=0	n=8	n=2	n=3	n=11	n=19	n=4	n=2	n=1	n=1	n=1
	7 cm	12-14	14-16	16-18	18-20	20-22	22-24	24-26	26-28	28-30	> 30
1: <i>Daphnia longispina</i>	0	100	0	0	0	42,1	25	50	0	0	0
2: <i>Daphnia</i> non identifiée	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3: <i>Bosmina longirostris</i>	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0
4: <i>Diaphanosoma</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5: Chydoridae	0	0	0	0	0	15,8	25	0	0	0	0
6: Leptodora	0	0	0	0	0	5,3	0	50	0	0	0
7: Cyclopidés	0	0	0	0	9,1	15,8	0	0	0	0	0
8: Calanidés	0	0	0	0	18,2	0	0	0	0	0	0
9: Ostracodes	0	0	0	33,3	45,4	10,5	0	0	0	0	0
10: <i>Asellus aquaticus</i>	0	0	0	33,3	18,2	5,3	50	0	0	0	0
11: <i>Gammarus pulex</i>	0	0	0	66,7	63,6	42,1	75	0	0	0	0
12: Larves Ephéméroptères	0	0	0	0	0	5,3	0	0	0	0	0
13: Odonates exuvies	0	0	0	0	9,1	0	0	0	0	0	0
14: Diptères Chironomides	0	0	0	33,3	27,3	36,8	50	0	0	0	0
15: Diptères autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
16: Tricoptères	0	0	0	0	0	0	25	0	0	0	0
17: Nymphes Diptères Chironomides	0	0	100	66,7	18,2	15,8	0	0	0	0	0
18: Diptères autres	0	0	0	0	0	5,3	0	0	0	0	0
19: Adultes Hétéroptères Corix	0	0	100	0	0	2,1	0	0	0	0	0
20: Hétéroptères autres	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
21: Plécoptères	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
22: Odonates	0	0	0	0	0	5,3	0	50	0	0	0
23: Coléoptères	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24: Adultes non identifiés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
25: Perche	0	0	0	0	0	0	25	0	100	0	100
26: Gardon	0	0	0	0	9,1	0	25	50	0	100	0
27: Grémille	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0
28: Gastéropodes hydroblidés	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0
29: Gastéropodes Bythyniidés	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0
30: Gastéropodes Bythinellidés	0	0	0	0	0	0	0	50	0	0	0

La plus grosse perche, une femelle de 42 cm, pêchée en février, présentait un estomac vide. La taille de ses gonades atteignait à cette période 247,60 g pour un poids total de 1365 g.

Son appareil digestif, d'un poids de 50 g, était comprimé par les gonades. A cette époque, les femelles en état de maturation sexuelle avancée, ne semblent pas pouvoir ingérer de grosses proies; C'est pourquoi, jusqu'à 24 cm, nous trouvons encore des daphnies dans leur estomac. Une seule femelle, d'une taille de 30 cm, avait uniquement une autre perche dans son bol alimentaire.

En été, la plupart des perches contenant essentiellement des daphnies sont d'origine pélagique. Les perches se déplaçant sur toute la colonne d'eau (absence de stratification thermique et d'oxycline dans le réservoir). La classe de taille la plus grande à cette période, 26 cm, se trouvait en zone littorale. Des mollusques, des ostracodes, des cladocères comme *Bosmina longirostris* et un gardon composaient son bol alimentaire. Les classes de taille plus petites, circulant dans les autres stations littorales que G, ingéraient des macroinvertébrés.

En automne, les perches les plus grandes sont ichtyophages essentiellement et capturées en zone pélagique. Le gardon et la perche sont consommés. Les perches d'une taille allant de 16 à 20 cm, consomment des macroinvertébrés en zone littorale, dans les stations A, B et G.

6.7. Coefficient de réplétion CR %

Les variations saisonnières du coefficient de réplétion sont illustrées dans la figure 84. Ce coefficient (fig. 84.A) permet de mettre en évidence une période d'activité alimentaire plus intense pour la femelle à l'automne, nécessaire pour le stockage d'énergie avant la reproduction suivante. Ceci est confirmé pour toutes les classes de taille femelles (fig. 84.B) à l'exception de celles comprises entre 16-20 cm; le coefficient est alors plus élevé en été. En hiver, les valeurs de ce coefficient indiquent qu'il y a une prise de nourriture avant la reproduction. Le coefficient de réplétion est faible en été, en corrélation avec un indice de vacuité plus élevé. En ce qui concerne les mâles (Fig. 84.C), pour chaque classe de taille concernée, ce coefficient varie peu d'une saison à l'autre.

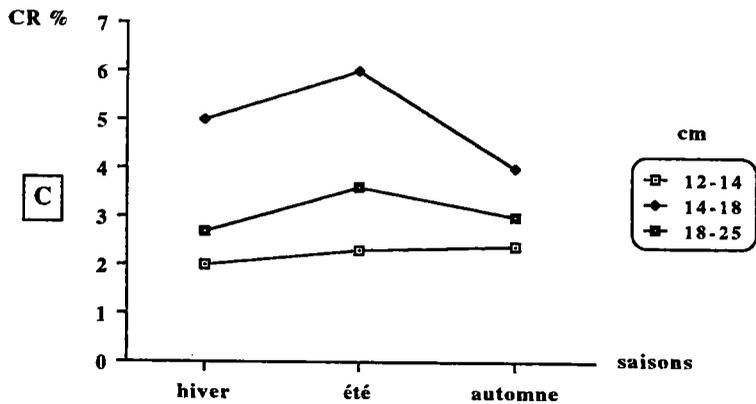
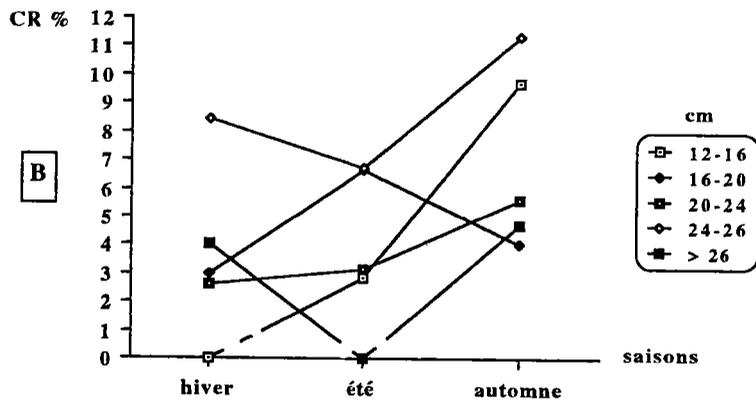
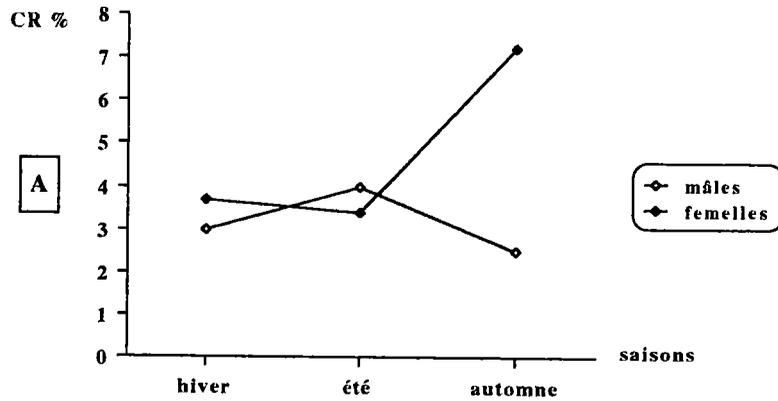


Figure 84: Variations saisonnières du coefficient de réplétion CR % des perches du réservoir du Mirgenbach. A: mâles et femelles; B: femelles en fonction des classes de taille; C: mâles en fonction des classes de taille.

6.8. Parasitisme

Sur les 212 estomacs analysés, 37 étaient parasités par des Acanthocéphales, soit 17,45 %. Ce parasite infeste la perche quels que soient la taille et le sexe. Ces Acanthocéphales sont des Némathelminthes, possédant une trompe protactile munie de crochets. Ils font partie de la famille des *Echinorhynchidae*. Sa présence variait de 1 à 49 individus suivant l'appareil digestif examiné.

Au terme de ces premiers travaux concernant le compartiment ichtyologique du réservoir échauffé du Mirgenbach, et en particulier de la perche *Perca fluviatilis*, nous allons synthétiser les connaissances acquises sur l'espèce afin de contribuer à la compréhension de cet écosystème lacustre.

**Discussion générale et
conclusion**

Mis en eau il y a 9 ans, le réservoir échauffé du Mirgenbach est au vu de la physico-chimie, un lac eutrophe eumictique de 95 ha, avec comme particularité l'absence de stratification thermique en phase de fonctionnement de la centrale.

De 1987 à 1991, l'échantillonnage a évolué selon deux objectifs successifs mais complémentaires. Le premier visait à l'estimation du stock par capture-recapture au moyen des filets maillants traditionnels, de la pêche à la ligne et de la pêche électrique; puis des marquages individuels.

Le second consistait à réaliser un échantillonnage valable pour étudier la reproduction et le régime alimentaire. L'étude de la croissance prend en compte tous les engins de pêche.

A l'issue de nos 50 campagnes de pêche, 18 espèces de poissons sont recensées. Elles sont classiquement présentes dans les écosystèmes aquatiques de notre région. Ces poissons appartiennent à différentes familles: Esocidae, Cyprinidae, Cobitidae, Centrarchidae et Percidae dont la perche (*Perca fluviatilis*).

En ce qui concerne les résultats des captures-recaptures, nous n'avons hélas recapturé que 4 perches fin 1987 sur près de 1300 perches marquées au total dans l'étude; ensuite, aucune perche marquée n'a été retrouvée. A l'issue des premières pêches, les marques étaient serties au niveau de la mâchoire inférieure. Les perches marquées reprises montraient des marques complètement illisibles car recouvertes par le derme des poissons. C'est pourquoi dès le début 1988, nous avons posé des marques operculaires. La faiblesse des recaptures est très difficile à expliquer, néanmoins nous pouvons émettre des hypothèses. La mortalité différée des perches marquées, stressées par les manipulations, la perte des marques peuvent en être responsables. L'expérience en aquarium a permis d'évaluer ces points, mais peut-on extrapoler des résultats issus d'un confinement au milieu naturel.

Le marquage a été poursuivi chez les perches suite aux pêches à la ligne. Cet engin actif est le seul à avoir donné de très bons résultats¹⁴. L'utilisation de la pêche à la ligne, très sélective pour ce carnassier par l'utilisation de la cuiller, est une technique également utilisée dans d'autres milieux. Aux Açores, Goubier *et al.* (1983) emploient cette méthode dans deux lacs et ont capturé des perches, des carpes et des carassins.

¹⁴ Afin d'estimer les prises annuelles des pêcheurs amateurs (il n'y a pas de pêche professionnelle) sur le réservoir, nous avons établi un questionnaire (annexe 9). Peu de réponses ont été fournies à l'issue de l'enquête. Il nous a donc été difficile d'évaluer le stock sortant par pêche à la ligne. Il en ressort néanmoins que les perches en quantité invraisemblable ont été capturées durant les périodes estivales 1987 et 1991. D'après le peu de réponses (une quarantaine) et d'après nos observations directes, nous avons considéré la présence journalière d'une vingtaine de pêcheurs sur le lac durant 3 mois (été) de ces 2 périodes avec un effort individuel de 11 perches par heure (présence de 4 h en général pour un pêcheur); cela correspond à une capture de 79 200 perches par période. La taille des cuillers utilisées ont permis la capture d'un nombre important de géniteurs. Les autres poissons pêchés par les plaisanciers sont le sandre et la carpe.

En comparant tous les engins de capture employés, il est clair que les filets maillants verticaux sont les moyens de pêche passifs appropriés pour l'étude de la diversité et de la structure du peuplement en général et de la population de perche en particulier dans le réservoir du Mirgenbach. Ces engins ont permis d'avoir la meilleure image de la répartition spatio-temporelle de la perche au sein du réservoir et par l'intermédiaire des prises par unité d'effort, ils ont permis de connaître l'évolution quantitative espèce par espèce, ou bien pour une espèce, l'évolution spatiale et au cours du temps. Ce procédé de pêche, qui bénéficie de progrès récents, est de plus en plus utilisé en France pour échantillonner les peuplements de poissons (Degiorgi *et al.*, 1993). Les avantages de cette méthode sont nombreux: ces filets apportent des données qualitatives et des indices d'abondance, une approche habitationnelle et une bonne maniabilité. Ces campagnes d'échantillonnage demandent néanmoins du personnel pour les pêches et l'exploitation en laboratoire. Chaque poisson est sacrifié et répertorié afin de conserver l'information de la station et de la profondeur des captures. Cet engin de capture permet également un échantillonnage simultané de toute la tranche d'eau avec une surface identique des nappes pour toutes les mailles. Ce dernier point est primordial car lors de l'utilisation des filets maillants traditionnels, seule la tranche d'eau de surface était prospectée au début de l'étude dans le réservoir du Mirgenbach. Malgré cela, l'effectif de perche récolté est important en 1987 avec les filets maillants traditionnels. Par contre l'utilisation d'engins actifs, comme la pêche électrique de type "Héron" (peu adaptée à l'écosystème lacustre) et d'un autre engin passif comme les nasses, a produit des résultats très décevants puisque nous avons capturé peu ou pas de poissons du tout, même dans les zones littorales. Les nasses ont été employées car elles sont considérées comme une méthode facile à utiliser et elles donnent ailleurs de bons résultats pour ce Percidé (Craig, 1975a; Bagenal, 1970; 1972; Boujard, 1987). De plus, il y a possibilité de recapture pour estimer les stocks de poissons et de suivre la croissance notamment de la perche (Boujard, 1987). C'est dans cette optique au départ que nous avons marqué toutes les perches capturées issues des filets maillants traditionnels. Ils n'étaient posés qu'une heure trente pour éviter une mortalité. D'ailleurs, les perches manipulées repartaient facilement dès leur libération.

Les autres engins actifs comme le chalut ou la senne ont été volontairement délaissés en raison de la présence de souches d'arbres interdisant l'accès à une grande partie du plan d'eau.

En conclusion sur cet aspect échantillonnage, si l'on considère les engins passifs, seuls les filets maillants verticaux sont à retenir; ils fournissent des indices de variations d'abondance (capture par unité d'effort : CPUE) mais l'abondance réelle reste inaccessible.

Les nasses sans rabattant sont à abandonner; elles sont pêchantes en eaux courantes; cette manipulation est plus délicate en eaux calmes puisque l'efficacité est moindre (Gerdeaux,

1982). La pêche électrique serait à retenir et à améliorer mais seulement en zone littorale avec comme appoint des filets maillants qui quadrilleraient et isoleraient l'endroit échantillonné. Cela permettrait de situer les communautés d'alevins à l'automne afin d'estimer le recrutement de l'espèce. Enfin, seulement dans la zone pélagique, un petit chalut électrique pourrait être utilisé et ceci à des fins de gestion du stock piscicole avec en complément la pêche sportive. Cette dernière doit bien sûr être réglementée et surveillée pour pouvoir contrôler les flux sortants de poissons.

En ce qui concerne la biologie de la perche dans ce milieu, la détermination de l'âge et l'étude de la croissance sont réalisées grâce à la scalimétrie et à l'operculométrie (respectivement sur toute la durée de l'étude et en 1991). L'examen des écailles s'est révélé tout à fait satisfaisant et de plus, il permet de ne pas sacrifier le poisson, ce qui est un avantage dans le cadre d'une gestion. L'operculométrie a permis de confirmer la scalimétrie. Ces deux méthodes, par leur simplicité de préparation, sont donc opérationnelles chez la perche et sont à utiliser sélectivement selon l'objectif de l'étude: soit la scalimétrie est utilisée dans l'étude du stock de poissons, soit l'operculométrie est un complément à la scalimétrie dans l'étude de la biologie du poisson.

Jamet (1991) prélève 6 écailles chez la perche; Leroy (1987) pense que cette méthode est fiable si les mêmes *annuli* se retrouvent sur 5 écailles. Dans notre étude, plusieurs centaines d'écailles sont observées; celles présentant des anomalies sont supprimées (non complètes, régénérées). Nous gardions la meilleure structure sur 10 écailles observées chez un individu; l'âge a pu être déterminé dans chaque cas.

L'arrêt de croissance chez la perche du réservoir du Mirgenbach existe malgré l'échauffement de l'eau. Il correspond à une période hivernale. Il intervient lorsque les températures sont les plus froides dans le réservoir (chez les individus âgés, supérieurs à 6 ans, les marques sont plus difficiles à observer). La croissance linéaire rétrocalculée est appliquée aux deux méthodes; les courbes de croissance linéaire et pondérale sont obtenues d'après l'équation de Von Bertallanffy. Les tailles aux différents âges de *Perca fluviatilis* dans le réservoir sont semblables aux valeurs relevées dans les milieux où l'espèce croît rapidement (tableau XXX). Nos résultats de croissance linéaire rétrocalculée (1 an: 12,4 cm; 2 ans: 15,5 cm; 3 ans: 18,2 cm; 4 ans: 20,2 cm; 5 ans: 21,9 cm) se rapprochent de ceux trouvés par Jamet *et al.* (1990) dans le lac de Monate en Italie où la croissance était jugée rapide. Avec des conditions thermiques favorables, la croissance de la perche est bonne pour les deux sexes; ceci est également en relation avec la disponibilité alimentaire malgré une certaine compétition inter-spécifique avec le gardon dans les petites classes de taille (Marzou, thèse en cours). Le Cren (1958) considère que la température est le facteur le plus important qui détermine la croissance; il pense qu'à tous les âges, la réaction est similaire pour le choix de l'alimentation.

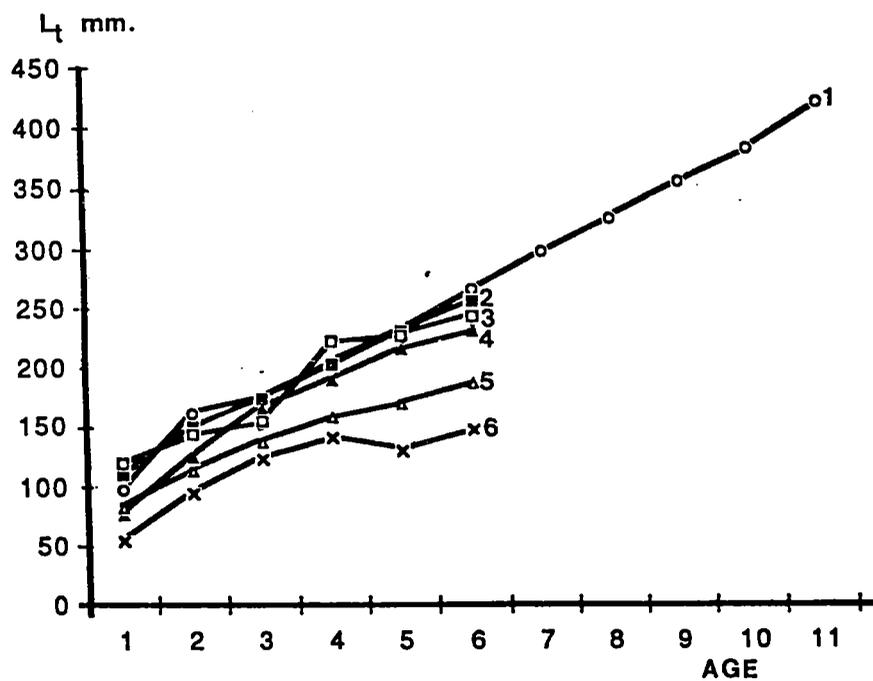
Dans le réservoir du Mirgenbach, les femelles semblent avoir une longévité plus élevée que les mâles. La différence dans les longueurs asymptotiques peut avoir plusieurs explications. Soit l'échantillonnage des individus mâles les plus âgés est plus faible que les femelles et il aurait fallu alors plus d'individus mâles pour vérifier la qualité de leur longueur asymptotique. Soit les mâles sont plus facilement capturables à la ligne, et par ce prélèvement intense des pêcheurs amateurs, nous n'avons pu les pêcher par la suite. Cette absence de mâles dans les cohortes les plus âgées sera confirmée par la reproduction. Enfin, la comparaison en 1991 entre scalimétrie et operculométrie a donné de bons résultats. Ceci a permis de considérer la scalimétrie comme une méthode d'observation fiable.

D'après nos premières observations, nous pouvons dégager 3 éléments dans le réservoir du Mirgenbach: les perches poussent bien jusqu'à 6 ans; les femelles continuent à bien grandir; les mâles ont tendance à stagner et à disparaître.

Aucune perche dite naine n'est observée dans le réservoir du Mirgenbach (tableau XVIII). Si le marquage avait permis la recapture d'individus, nous aurions pu préciser quelques croissances individuelles. Boujard (1987), dans un étang de Bretagne, par le procédé de marquage a mis en évidence l'existence d'une population bimodale. Les perches à croissance lente (plus nombreuses) voyaient leur taille passer de 8,4 cm (1 an) à 8,6 cm (2 ans) et 8,8 cm (3 ans). Ce lot s'opposait à des perches à croissance dite rapide puisque passant de 11,8 cm (1 an), 13,5 cm (2 ans) et jusqu'à 15,3 cm (3 ans). Cette bimodalité serait due au fait que certaines perches, à partir de 11 cm, sont déjà ichtyophages. Ce n'est pas le cas dans le réservoir du Mirgenbach .

Tableau XXX: Comparaison de la croissance linéaire des perches dans différents milieux.

Groupes d'âges	1	2	3	4	5	6	7
AUTEURS							
JAMET(1991) lac d'Aydat	9,3	12	13,9	15,2	16,1	16,7	/
JAMET et al.(1990) lac de Monate	12	15,3	17,8	19,7	21,3	/	/
RASK & RAITAMENI (1988) lacs acidifiés, Finlande	6,6	12	14,2	15,9	17,5	19,5	/
RASK & RAITAMENI (1988) lacs acidifiés, Finlande	8,5	14,2	18,4	22,1	24,9	27,5	/
GOUBIER et al.(1983) Açores	13,5	17,2	27,1	35,9	38,1	41,7	/
GOUBIER et al.(1983) Açores	13,5	15,4	16,2	40,7	41,4	/	/
CHAPPAZ et al.(1989)France lac de Sainte Croix	8,4	11,4	13,8	15,8	17	18,7	/



Croissance linéaire de la perche à Sainte-Croix; Comparaison avec la littérature:

- 1: lake of the Woods (JOBES) 1952 in THORPE (1977)
- 2: lake Pounui, JELLYMAN (1980)
- 3: Chastang reservoir, DAUBA (1981)
- 4: Slapton lay, CRAIG (1974)
- 5: lac Ste Croix, CHAPPAZ et al. (1989)
- 6: Pond in Finland, (SUMARI) 1971 in THORPE (1977)

(repris de Chappaz et al., 1989)

La reproduction de la perche, dont la maturité commence dès 1 an pour les mâles et dès 2 ans pour les femelles, se produit une seule fois annuellement au tout début du printemps pour la majorité des perches. Ces résultats sont comparés à ceux de Thorpe (1977a), tableau XXXI. Quelques individus voient leur frai plus précoce, à la fin de l'hiver au terme du mois de février, à une température moyenne voisine de 10 °C. Il est à noter que les populations de Percidés des lacs réagissent à une pêche excessive et à l'eutrophisation par l'accélération de croissance mais aussi par l'abaissement de l'âge de première maturité. Il faudrait identifier la taille et l'âge de première maturité chez les perches de la rivière Moselle pour vérifier si les perches du réservoir du Mirgenbach se sont adaptées aux conditions du milieu. Ce décalage dans le frai s'explique principalement par l'échauffement des eaux dans le lac.

Nous n'observons pas de dimorphisme sexuel au moment du frai chez la perche dans le réservoir. Les observations macroscopiques et microscopiques des gonades mâles et femelles et l'analyse du rapport gonado-somatique nous ont permis d'étudier avec plus de précision la biologie de la reproduction de la perche. Les méthodes utilisées dans l'échantillonnage mériteraient une amélioration au moment de la reproduction. Il faudrait effectuer des pêches tous les deux jours pour observer éventuellement les différences ou les décalages dans les classes de taille et âges en ce qui concerne la ponte pour les femelles et l'émission pour les mâles.

Le cycle de développement des gonades est plus rapide et précoce chez le mâle; pour les femelles, il est plus tardif. Le cycle sexuel est décrit par l'évolution de stades macroscopiques (au nombre de 6). Le RGS maximal des mâles (période de la fraie) est inférieur pour la même période à celui des femelles. Nos observations ont montré que le nombre de mâles capturés est supérieur en période de reproduction; cela est normal si la femelle se déplace moins à cette période. Nous avons remarqué pour les grosses femelles au moment de la fraie un tube digestif comprimé par le développement très important des ovaires. Il n'y a pas d'alimentation à cette période, moins de déplacements donc moins de femelles capturées. Les perches migrent vers les stations de fraye en février, en particulier vers la station G. Les mâles arriveraient après les femelles et seraient plus facilement capturables. Cela peut expliquer alors la prise importante des mâles par les pêcheurs amateurs également à cette période puisqu'il n'y a pas de réglementation. Ces migrations vers les frayères et ces captures supérieures de femelles sont remarquées par d'autres auteurs dans différents milieux (Bagenal, 1972; Thorpe, 1977a; Willemsen, 1977; Jones, 1982). Craig (1974) indique un rapport de 6 pour 1 en faveur des femelles quand elles sont âgées. Les pontes sont néanmoins trouvées dans d'autres endroits sans supports végétaux. Cela peut indiquer une saturation des supports d'origine végétale et donc la migration vers d'autres stations littorales.

Tableau XXXI: Période de fraie de *Perca fluviatilis* dans différents milieux (avec la latitude °N) et la température (°C) du commencement de la ponte (modifié d'après Thorpe, 1977a).

Localité	Latitude	Période de ponte	Temp. °C de l'eau	Auteurs
lac Dojran	41	mars		Petrowski (1960)
Kuban Deltan	45	15 mars-début avril		Berg (1965)
Lac Majeur	46	15 avril-15 mai	9	Grimaldi
Kuchurgan Liman	47	10 mars-9 avril		Berg (1965)
Bodensee	47	avril-mai		Hartmann (1975)
Lacs nord du Kazakhstan	46-51	20 avril-20 mai	11	Ereshchenko(1959) & Shilenkova (1959)
Volga Delta	48-49	mai-début juin	8	Popova (1965)
Upper River Vistula	50	fin avril	8	Suskiewicz (1961)
Reservoir Klicava	50	23 avril-3 mai	8	Stehlik (1968)
Slapton Ley	50	13 avril-début mai	8,5	Craig (1974)
Rostherne Mere	53	fin avril-mai		Banks (1970)
Reservoir Kuybyshev (digue)	53	12 au 24 mai	8,5	Chikhova (1973)
Lough Corrib	53,5	19-Avr	10,6	Kennedy
Lough Mask	53,5	23-Avr	12	Kennedy
Lough Sheelin	54	début avril		Kennedy
Lough Arrow	54	22-Avr	9,4	Kennedy
Windermere	54	2 mai-début juin	8,8-11,8	Le Cren (1951, 1958); Craig
Grosser Plöner See	54	fin avril-mai	< 14	Laskar (1943)
Reservoir Kuybyshev	54	1 au 5 mai	8,5	Chikhova (1973)
lac Chany	55	15 au 31 mai	11	Tyurin (1935)
Rivière Atmata	55	fin avril-mai	< 14	Vashkyavichyute (1963)
lac Zarizino	56	2 au 13 mai	8,2	Nikitinsky (1928)
Reservoir Yakhromsk	56	23 avril-début mai	6	Konovalova (1955)
lac Leven	56	21 avril-début mai	9	Original data
Rivière Yenisei	56	mi mai-début juin		Krasikova (1958)
lac Ilmen	58	20 avril-5 mai	7	Evropeitseva (1949)
Reservoir Rybinsk	58-59	15 avril-13 mai		Zakharova (1965)& Svetovidova (1960)
Hjälmaren/Mälaren	59	mi mai-mi juin		Rundberg (1977)
Mer baltique, Askö	59	29 mai-début juin	8,5	Aneer & Grahn
Rivière Ob, Narym	59	6 au 31 mai	5,8	Bashmakov, in Dryagin (1948)
Rivière Yenisei, près Yartsevo	60		8	Dulkeit, in Krasikova (1958)
Neva Bay, Baltique	60	30 avril-mai	7	Grib (1949)
lac Mjösa	61	fin mai		Huitfeld-Kaas (1916)
Lacs Karelian	62	début mai	7	Zhakov (1964)
Rivière Ob, Kondinskoe	63	27 mai-17 juin	7	Dryagin (1948)
lac Munduyisk	68	mi juin-mi juillet		Krasikova (1958)
Hildenlampi	69	24 mai-14 juin	5	Kukko et al. (1972)
Rivière Kolyma	69	fin juin-juillet		Berg (1965)
Rivière Yenisei, Dudinka	69,5	fin juin-juillet		Krasikova (1958)
New South Wales, Australie	30-36°S	1 au 15 août	11,5	Lake (1959, 1967)
Victoria, Australie	34-38°S	octobre		Tunbridge (1972)
Whole range	41-69,5	mars-juillet	5-11,8	
Réservoir du Mirgenbach	49°25'N	fin février-mars	12	Présente étude
Meuse		avril-mai	11,0-15,0	Leroy (1987)
Lac Aydat, France	45°39'N	mai	8,0-15,0	Jamet (1991)

On pourrait donc proposer des supports artificiels de ponte pour la production de juvéniles dans le réservoir, et ceci plus précocément dans l'année par rapport aux milieux naturels de la région. L'emploi d'engins actifs dans les frayères permettraient de mieux évaluer le taux de masculinité.

Il est à noter que l'inexistence de marnage dans le réservoir ne constitue donc pas un point négatif pour la reproduction, il n'y a pas assèchement de la ponte.

Nous avons donc observé une tendance nette à l'augmentation de la proportion des captures des femelles en fonction de l'âge. Cela peut être également expliqué par une longévité des femelles supérieure à celle des mâles. Est-ce dû à la reproduction, à l'énergie investie, à une différence de maturité sexuelle. Nous pouvons nous demander si les femelles les plus âgées compensent l'entrée en maturation plus tardive des autres femelles.

Enfin la perche du réservoir du Mirgenbach a une fécondité moyenne de 8138 à 200886 (nombre moyen d'ovules.g) comparée à d'autres milieux: 26200 à 61300 au lac Leven (Thorpe, 1977a); de 2500 à 50000 au lac de Sainte-Croix en France (Chappaz *et al.*, 1989); de 1000 à 305000 à Slapton Lay (Craig, 1974); de 6968 à 50180 en Meuse (Leroy, 1987). Cependant, nous constatons quelques valeurs élevées pour les très grands individus femelles. La fécondité absolue a tendance à augmenter avec la taille de l'individu dans le réservoir; ceci est également décrit par Lang & Lang (1983); Craig (1987); Leroy (1987) dans d'autres écosystèmes.

Lors de l'échantillonnage aux filets maillants verticaux, le délai était parfois conséquent entre la capture des perches et la congélation pour l'examen du contenu digestif. Cela a posé des difficultés dans l'exploitation, surtout en été 1991 où en période de grosses chaleurs, les poissons étaient en état de décomposition avancée dans les filets. Cela a apporté des problèmes dans la digestion des proies et donc dans leur identification limitant l'exploitation des coefficients de vacuité. L'étude du régime alimentaire des perches dans le réservoir du Mirgenbach a permis de déterminer un coefficient de vacuité moyen de 16% sur 212 estomacs analysés. Ce coefficient semble faible par rapport à ce qui est observé, par exemple aux Açores, il est de 32 à 45% (Goubier *et al.*, 1983). Le plus fort % se situe en été (25%); ce résultat se rapproche de ceux observés par Mc Cormack (1970) en Angleterre. Il passe ensuite de 13 % en automne à 10 % en hiver. Le nombre d'estomacs vides est donc faible en hiver 1991; les perches semblent continuer à bien s'alimenter en hiver car les températures ne descendent pas en dessous de 9°C. Les températures des milieux naturels descendent à moins de 4 °C en hiver dans notre région.

La nourriture des perches du réservoir du Mirgenbach est semblable à celle des autres perches d'autres milieux. Elle est composée de crustacés, d'insectes, de mollusques et de petits poissons. Le limnozooplancton est essentiellement composé de Cladocères de genre *Daphnia* et *Bosmina*. La perche du Mirgenbach exerce une prédation sélective sur *Daphnia longispina* dans les cladocères. Ce Crustacé domine généralement dans la ration alimentaire quand il est présent (cela reflète la nourriture dominante dans le milieu). Lorsque la perche ingère des proies plus grosses, la proportion de *Daphnia* diminue, voire disparaît. Chez les perches adultes complètement ichtyophages au dessus de 28 cm, nous ne trouvons uniquement que du poisson. Nous ne savons pas si les sandres, autres carnassiers du réservoir du Mirgenbach, entrent en compétition avec les perches pour l'alimentation piscivore.

Malgré un nombre très réduit ($n=2$), les alevins de perche (7 cm) semblent se nourrir essentiellement de cladocères, de gammares, de larves et de nymphes d'insectes. S'ils se nourrissent dès la première année de macroinvertébrés, c'est qu'il peut exister une compétition alimentaire avec le gardon (Persson, 1983 a, b et c; Persson & Greenberg, 1990); l'alevin de gardon s'alimente du même zooplancton que l'alevin de perche. La perche non ichtyophage s'alimente surtout de Crustacés et d'Insectes. Hoestlandt (1980) a remarqué des résultats similaires.

Chez les femelles, les classes de taille comprises entre 7 et 14 cm se nourrissent essentiellement de *Daphnia*. De 16 à 20 cm, elles préfèrent les Insectes (notamment une grande préférence pour les chironomes), les aselles et les gammares. La reprise de l'alimentation des Crustacés Cladocères reprend à 20 cm, puis rediminue, voire disparaît vers 24 cm où les macroinvertébrés et les poissons sont préférés. Les mâles ont la même tendance, avec une prise nulle des daphnies de 14 à 18 cm. Cela pourrait correspondre pour les limites inférieures de ces classes de taille à l'acquisition de la maturité sexuelle où les besoins énergétiques sont plus importants. Ces résultats sont néanmoins surtout liés à l'échantillonnage, avec un effectif faible des petites classes de taille.

Chez quelques grandes perches pêchées, nous avons trouvé des petites perches dans le contenu stomacal. Ce phénomène de cannibalisme, décrit par Chodorowski (1973 a et b) pour les carnassiers est de 2 types: le cannibalisme de préférence, qui se manifeste chez les alevins de perche dès la troisième semaine, ou un cannibalisme de subsistance qui intervient dans le cas de pénurie alimentaire. Il y a donc adaptation et régulation. Dans le réservoir, c'est un phénomène très ponctuel. Il faudrait comparer à l'avenir le régime alimentaire du gardon et de la perche. La prise de petites perches peut également être provoquée par les filets maillants: un petit individu capturé attirant d'autres perches.

En ce qui concerne les variations saisonnières, les Crustacés Cladocères notamment *Daphnia longispina* sont consommés toute l'année alors que les Amphipodes sont consommés plutôt en automne, moment où les réserves de la perche en énergie se font avant l'hiver et la reproduction. Les Isopodes sont consommés préférentiellement par

les femelles en hiver et en été. Les résultats montrent que les perches n'ayant pour proies que des *Daphnia* en grande quantité sont pêchées dans les domaines pélagiques et sur toute la hauteur d'eau (pas de stratification thermique). Quand il y a association avec des macroinvertébrés, il s'agit d'une origine littorale. Ces résultats sont bien sûrs dépendants de l'échantillonnage qui est une limite dans ce cas.

Dans la première année, les résultats des captures montrent que le réservoir du Mirgenbach est un milieu favorable pour la perche. Suite à l'abondance de la perche, nous avons observé ensuite un déclin de sa population. Ce phénomène a été observé également par Holcik (1970) dans le réservoir Klicawa. Après sa mise en eau, suite à cet accroissement initial du stock, il a enregistré un déclin significatif. Ce dernier serait expliqué par l'apparition et l'accroissement du stock de gardon, considéré comme un compétiteur de la perche. D'après la littérature, les facteurs qui contrôlent la dynamique de la population de la perche semblent nombreux: la température et la densité (Le Cren, 1947; Hoestlandt, 1979; Boujard, 1987), l'abondance de la nourriture (Le Cren, 1947; Craig, 1974; Thorpe, 1977b; Persson, 1983a), l'état trophique du milieu (Diehl, 1988; Leach *et al.*, 1977; Lang, 1981; Lang & Lang, 1983, Vivier, 1975) et les relations intra et inter-spécifique (Persson, 1983a et c; 1986; 1990; Persson & Greenberg, 1990). *Perca fluviatilis* contrairement au gardon, se développe mieux dans des milieux de type mésotrophes; c'est un poisson qui chasse à vue et qui préfère les eaux plus transparentes (Craig, 1974; 1975b; Leach *et al.*, 1977; Persson, 1983a et b). Une autre cause est semble-t'il également à l'origine du déclin de la perche dans le réservoir du Mirgenbach: une cause anthropique. Cette espèce a été fortement l'objet de pêche plaisancière en 1987 et en 1991; D'autres milieux ont vu leur population de perche fortement diminuer pour des causes de pêche trop excessive. Ce phénomène a été observé dans des bassins du lac Windermere en Angleterre suite à des pêches expérimentales menées de 1941 à 1947 et de 1941 à 1964. Vivier (1975), Lang (1981), Lang & Lang (1983) pensent que l'effet combiné de la surexploitation et de l'eutrophisation permettent d'expliquer l'évolution catastrophique de la population de perche dans le Léman.

L'effectif de perche diminuant dans le réservoir du Mirgenbach, les poissons restants (moins de compétition) ont pu peut-être mieux bénéficier du stock alimentaire disponible. En effet, d'après Hansson (1985), la croissance est corrélée négativement à la densité de perches. La croissance de la perche a du en être favorisée. La température, en constante progression avec la mise en marche des tranches nucléaires successives, et la disponibilité alimentaire augmentée progressivement font que la perche croît bien dans le réservoir. Cette double particularité laisse à penser que l'élevage semi-intensif de perche est envisageable dans le réservoir du Mirgenbach. Ces élevages pourraient commencer à

partir d'individus de 1 à 3 ans avec une finalité de production d'individus permettant l'empoissonnement des étangs.

Collvin (1985) a suivi pendant 30 jours un lot de perches dans des milieux avec des concentrations croissantes de cuivre. Il suggère que la présence de cuivre en trop grandes quantités provoquerait une diminution de croissance (par diminution de la conversion alimentaire). Le taux de cuivre dans le réservoir du Mirgenbach peut également contribuer à un mauvais recrutement de la perche. Ce taux (de plus de 20 $\mu\text{g/l}$ dans l'eau du réservoir; inférieur à 4 $\mu\text{g/l}$ dans un étang témoin de la région (Mersch *et al.*, 1993)) ne permet peut-être pas aux perchettes de survivre et donc le recrutement diminue. Cela peut expliquer l'apparition cyclique de l'espèce suivant les années en fonction de la faible survie juvénile.

A l'issue de cette étude sur la biologie de la perche, il apparaît que le réservoir du Mirgenbach est un milieu favorable pour le développement d'une production semi-intensive de perche, tant du point de vue de la croissance que de la reproduction.

Par contre ce travail a permis de mettre en évidence des fluctuations de sa population. Le réservoir du Mirgenbach était initialement un milieu propice à son développement juste après sa mise en eau. Pour des raisons citées auparavant (eutrophisation, diminution de la transparence, pêche sportive) la perche semble donc s'adapter moins bien que d'autres espèces comme le gardon aux eaux eutrophes. Malgré une bonne croissance dans le milieu, une reproduction avancée par rapport aux autres écosystèmes lacustres, une fécondité moyenne et une alimentation diversifiée, la perche tend à être moins prolifique, voire disparaître à certaines périodes au dépens des cyprins. Quand les prédateurs sont fortement exploités dans les milieux eutrophes, le stock de Cyprinidés se développent bien. Il faudrait à l'avenir vérifier si en capturant beaucoup de gardons, la population de perche reprendrait un nouveau souffle par une disponibilité alimentaire augmentée. Persson (1986) a observé un développement de la perche après réduction d'effectifs chez le gardon. Pour qu'il y ait compétition entre ces deux espèces, il faut qu'il y ait exploitation des mêmes ressources. Il faudra donc observer si la compétition intervient au niveau du zooplancton, ou au niveau des macroinvertébrés entre ces deux espèces de poisson.

A l'avenir, une gestion halieutique est nécessaire dans le réservoir du Mirgenbach en prenant compte de la biologie de chaque espèce de poissons. En l'absence de cette gestion, les populations de poissons du lac devraient évoluer vers un peuplement non diversifié, à forte dominante Cyprinidés.

Planches photographiques

Planche A

1. Organe reproducteur mâle. LT = 19,7 cm; P = 93,45 g. Mirgenbach, 21/02/1991.

2. Organe reproducteur femelle. LT = 19,5 cm; P = 88,58 g. Mirgenbach, 21/02/1991.

3. Appareil digestif. Femelle, LT = 19,5 cm; P = 88,58 g. Mirgenbach, 21/02/1991.

o: oesophage

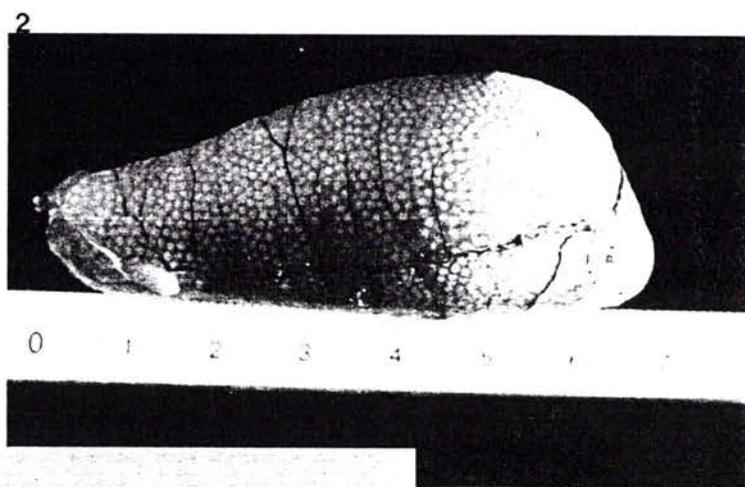
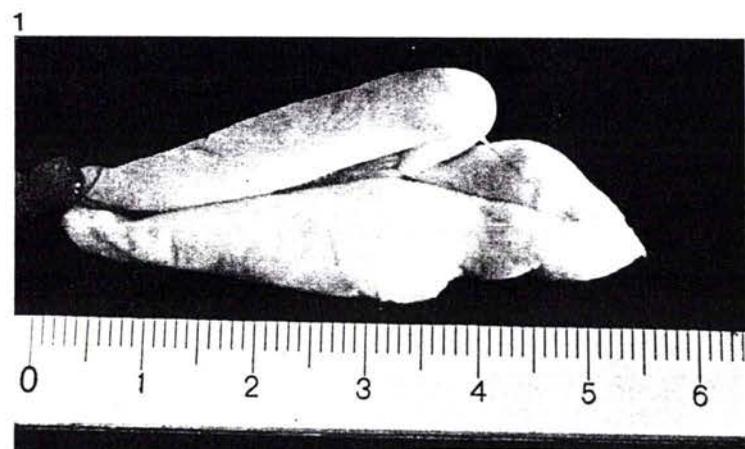
e: estomac

f: foie

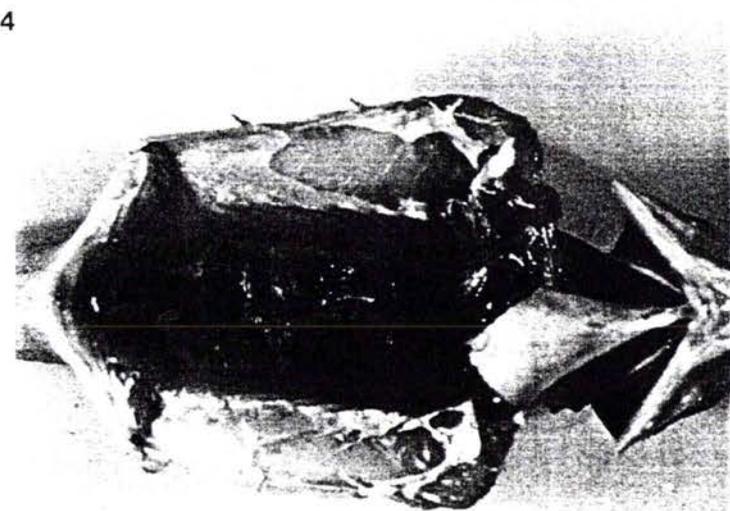
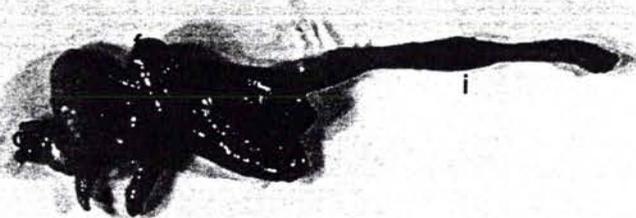
i: intestin

4. Vessie natatoire. Femelle, LT = 19,5 cm; P = 88,58 g. Mirgenbach, 21/02/1991.

5. Reins. Femelle, LT = 19,5 cm; P = 88,58 g. Mirgenbach, 21/02/1991.



3



5

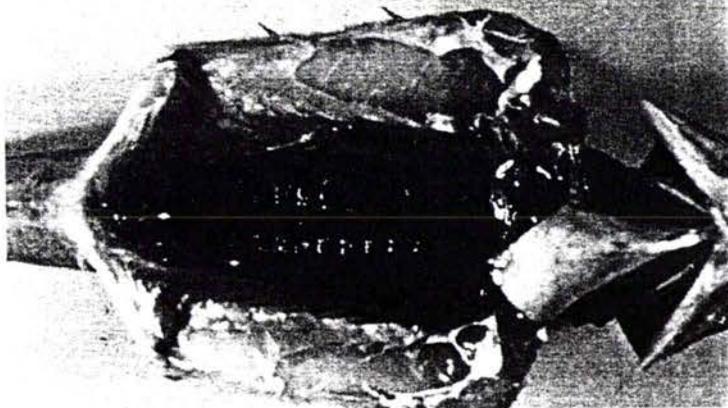


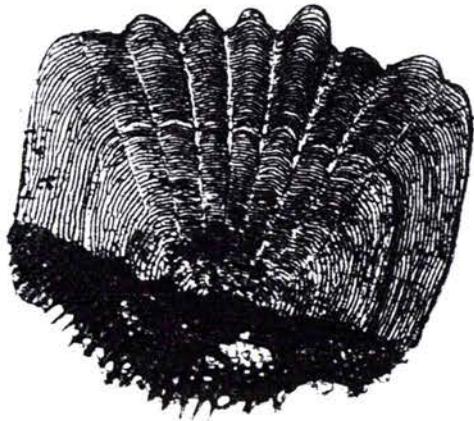
Planche B

PLANCHE Ecaille de perche

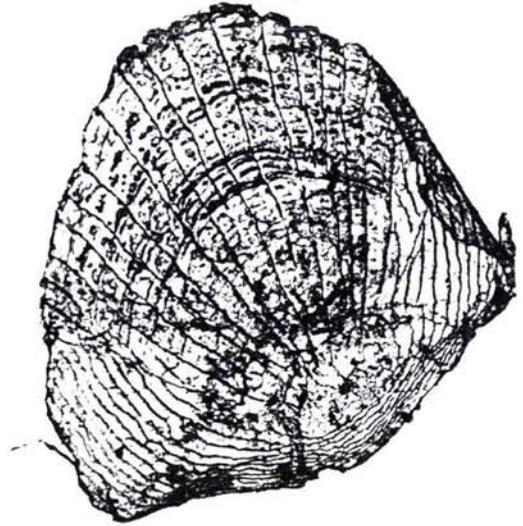
1. 1 an
2. écaille abimée
3. écaille régénérée
4. 3 ans

PLANCHE Opercule de perche

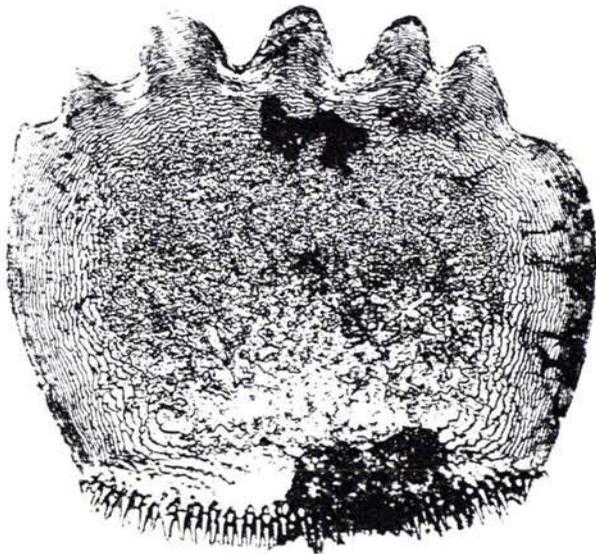
1. Opercule denticulé
2. 1 an
3. 5 ans



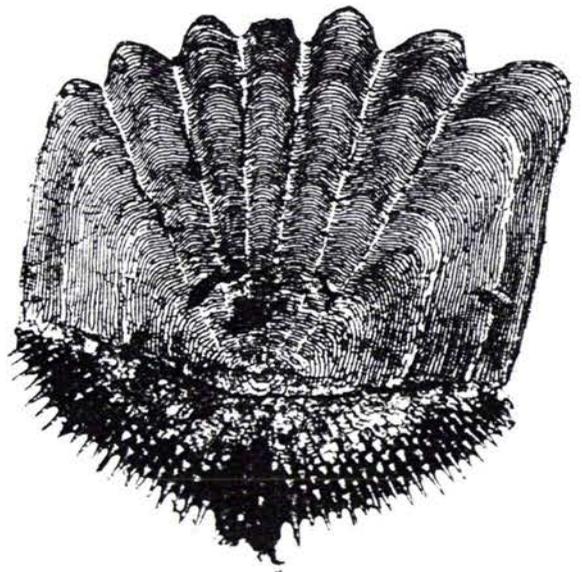
1



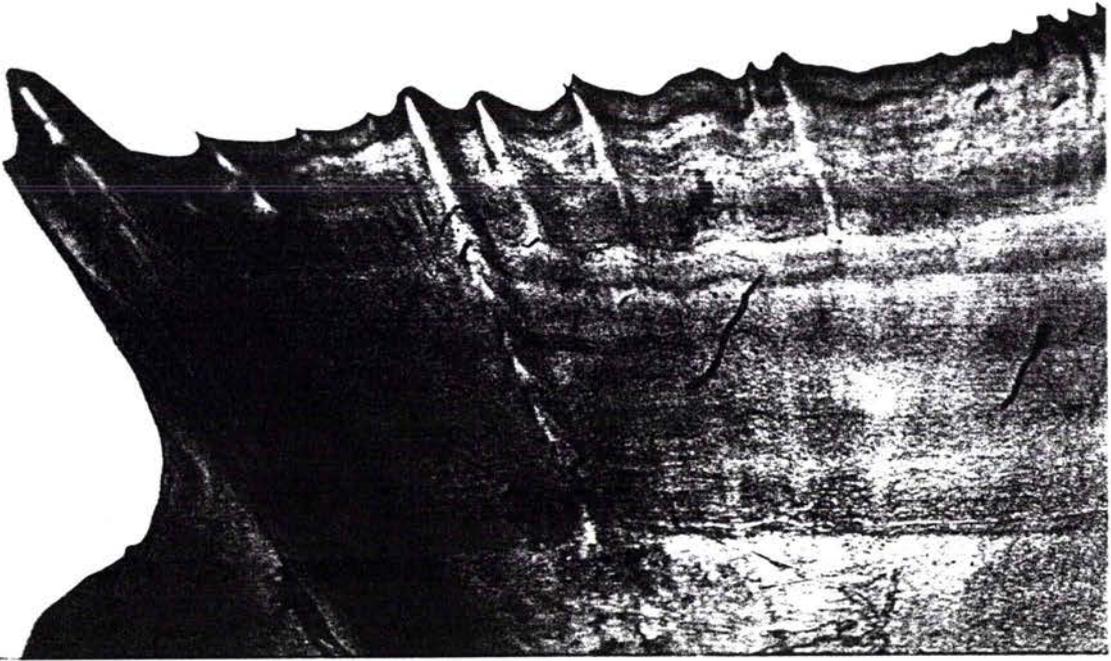
2



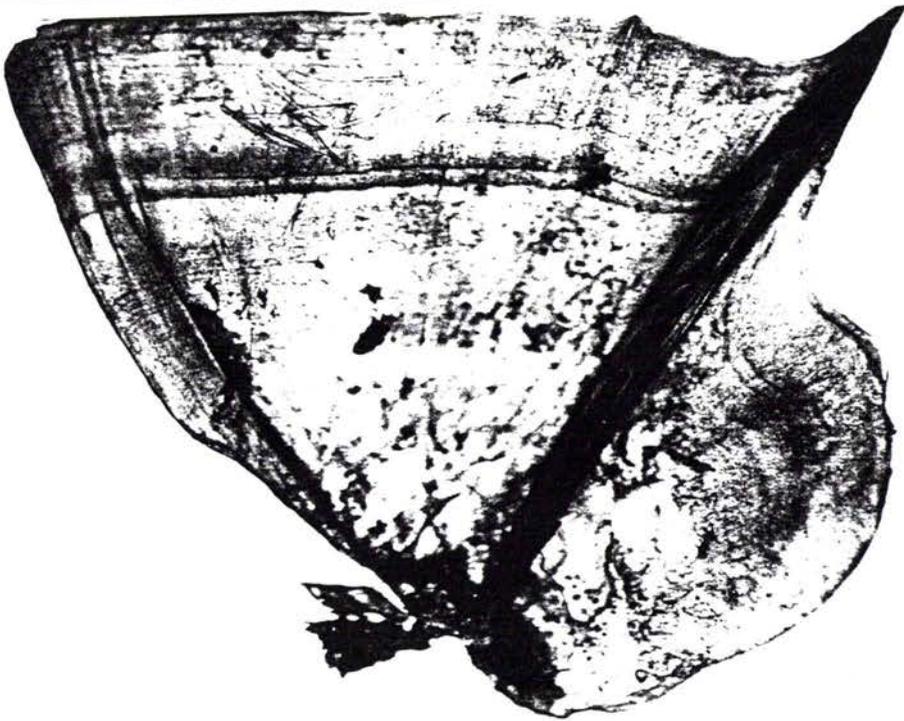
3



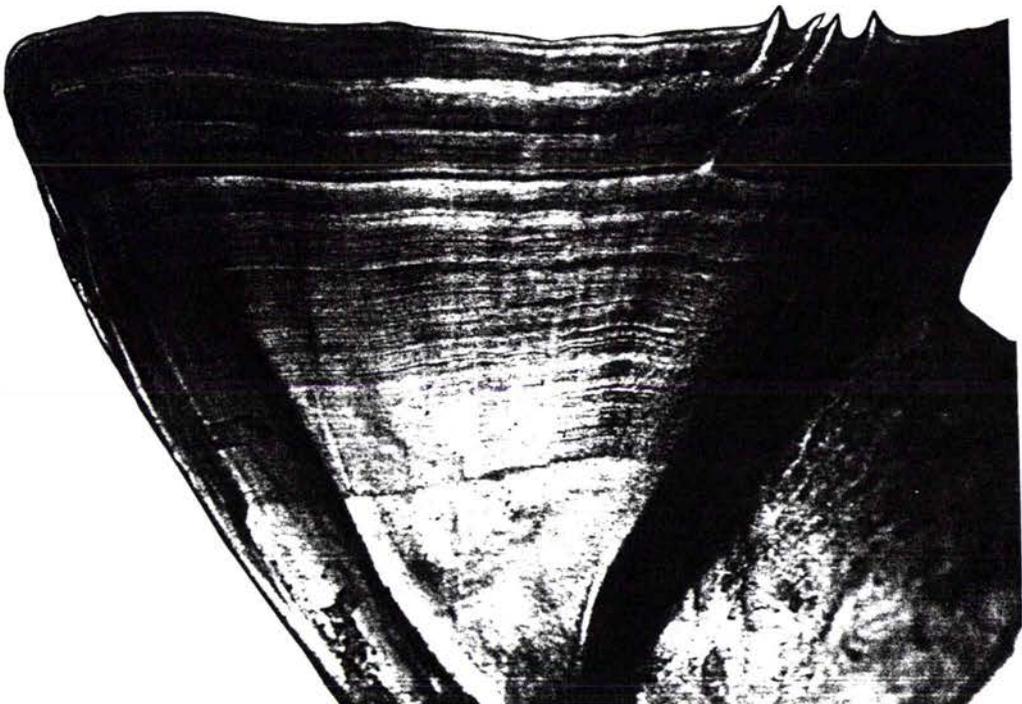
4



1



2



3

Planche C

Abréviations des photos concernant l'histologie des gonades:

TD: Tube digestif
TA: Tissu adipeux
Gi: Gonade immature
Ov: Ovogonie
Ov I: Ovocyte de stade I
Ov II: Ovocyte de stade II
Ov III: Ovocyte de stade III
Ov IV: Ovocyte de stade IV
Ov V: Ovocyte de stade V
Ov A: Ovocyte en atrésie
n: noyau avec de nombreux nucléoles
VS: Vaisseau sanguin
PeG: Paroi externe de la gonade
Zr: Zona radiata
Gv: Globule vitellin
Ef: Epithélium folliculaire
Mol: Matériel ovocyttaire lysé
L: lumière
Sg: Spermatogonies
Sp: Spermatocytes I et II
St: Spermatides
Sz: Spermatozoïdes
MgD: Matériel génétique dégénéré

PLANCHE FEMELLE

1. Perche immature mâle ou femelle; La présence d'un seul amas pourrait nous faire opter pour une femelle avec un ovaire unique. Juin 1991. LT= 7 cm.
2. Femelle immature; juin 1991. LT= 13 cm.
3. Femelle mature; février 1991. LT= 19,5 cm.
4. Femelle mature; février 1991. LT= 22 cm. (immersion)
5. Femelle mature, juin 1991. Atrésie. LT= 19,3 cm.
6. Femelle en repos sexuel, automne 1991. LT= 23cm.

PLANCHE MALE

1. Mâle mature, automne 1991. LT= 19,7 cm.
2. Mâle mature, février 1991. LT= 19 cm.
3. Mâle mature, dernier stade, mars 1991. LT= 13,5 cm.
4. Mâle en repos sexuel, juin 1991. LT= 14,7 cm. (immersion).

Femelles

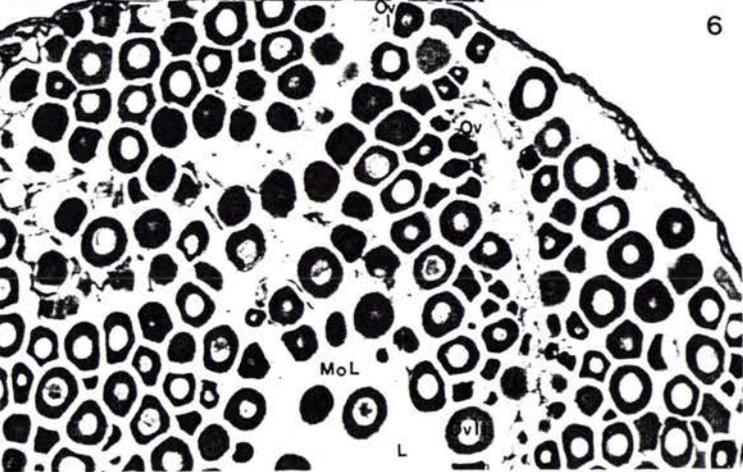
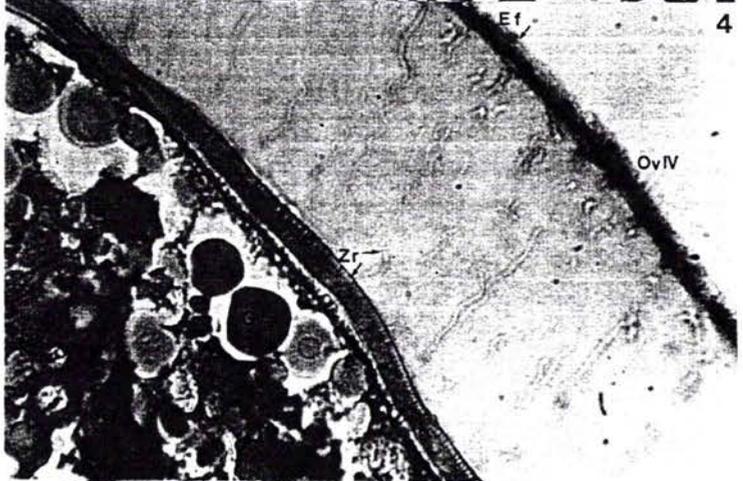
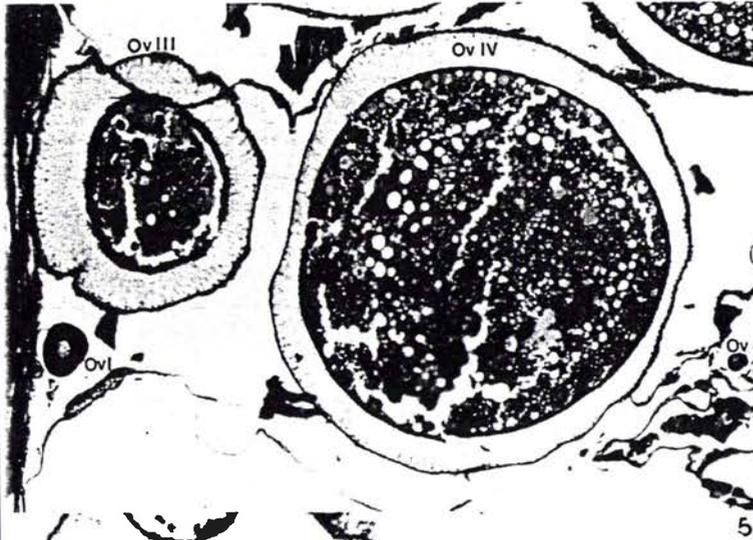
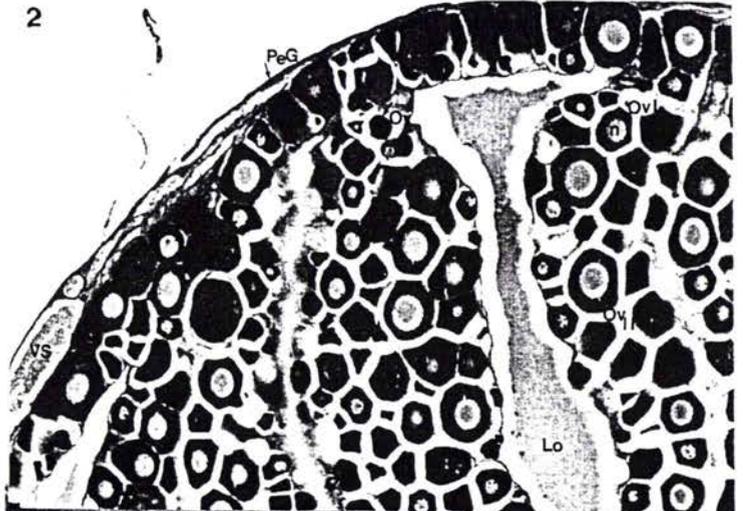
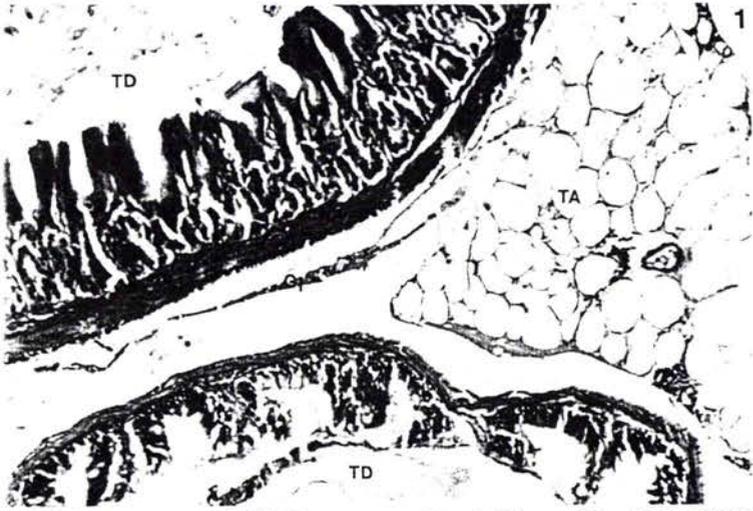
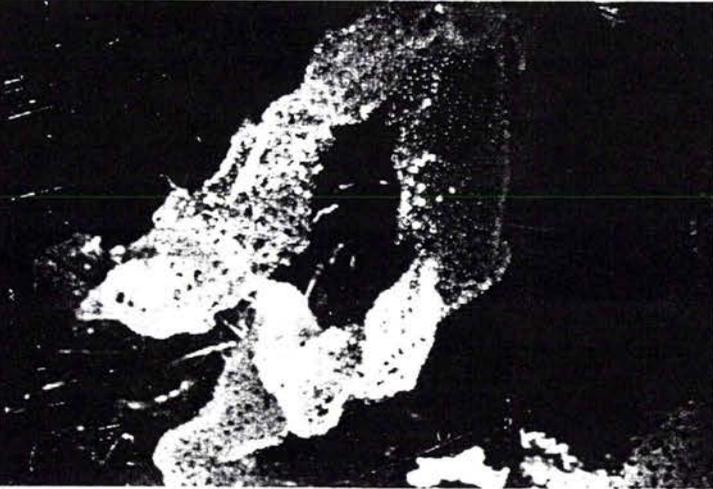


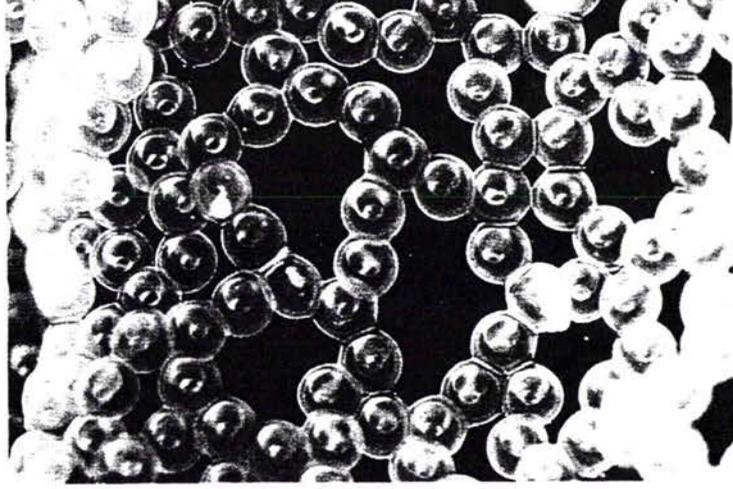
Planche D

- 1. Ruban d'oeufs de perche. Mirgenbach, 25/03/1990.**
- 2. Forme de réseaux. Mirgenbach, 25/03/1990.**
- 3. Oeuf fécondé, juste avant l'éclosion. Mirgenbach, 28/03/90.**
- 4. Alevin de perche, début avril 1990. LT = 5 mm.**

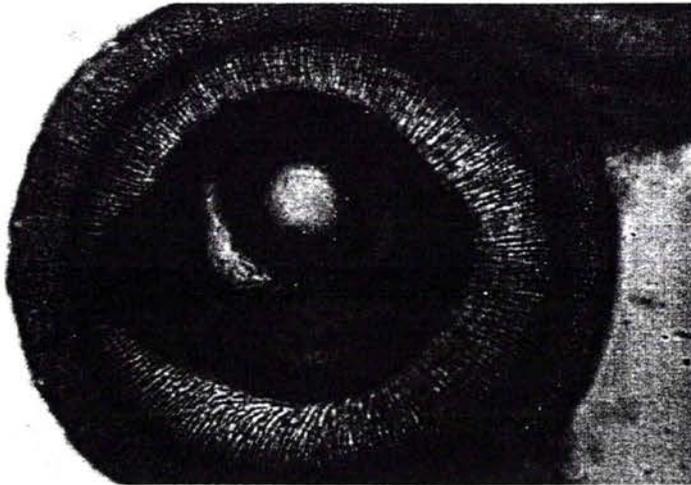
1



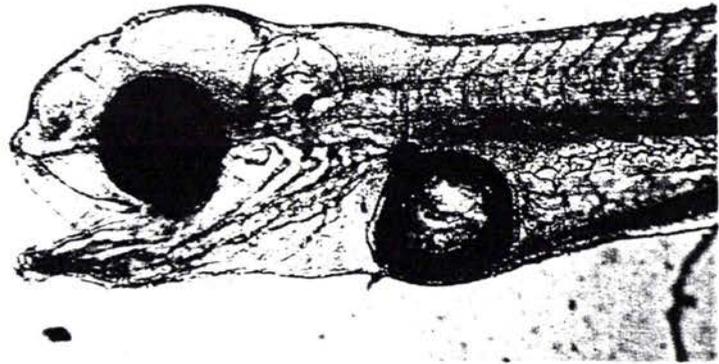
2



3



4



Références Bibliographiques

- ALLEN K.R., 1935. The food and migration of the perch (*Perca fluviatilis*) in Windermere. *J. anim. ecol.*, **4** : 264-273.
- ALM G., 1946. Reasons for the occurrence of stunted fish population with special regard to the perch. *Rep. Swed. St. Inst. Freshw. Res. Drott.*, **35** : 146 p.
- ARRIGNON J., 1976. Aménagement écologique et piscicole des eaux douces. 307 p. Paris : Bordas.
- ASSOCIATION FRANCAISE DE NORMALISATION (AFNOR), 1990. Eaux. Méthodes d'essais. 4ème éd. 735 p. Paris : AFNOR.
- BAGENAL T.B., 1970. An historical review of the fish and fisheries investigations of the freshwater biological association, mainly at the Windermere laboratory. *J. fish biol.*, **2** : 83-101.
- BAGENAL T.B., 1972. The variability in numbers of perch, *Perca fluviatilis* L., caught in traps. *Freshw. biol.*, **2** : 27-36.
- BAGLINIERE J.L. & LE LOUARN H., 1987. Caractéristiques scalimétriques des principales espèces de poissons d'eau douce de France. *Bull. fr. pêche piscic.*, **306** : 1-39.
- BALLIGAND P., TRONEL-PEYROZ J., DESCAMPS B., GRAUBY A., FOULQUIER L. & DUMAS M., 1980. Réalisation d'un pilote industriel utilisant des eaux de réfrigération d'une usine pour le grossissement des anguilles, pp 593-600. *In* : Proc. World. Symp. on Aquaculture in heated effluents and recirculation systems. Stavanger, May 1980, vol. II, Berlin 1981.
- BALON E.K., 1975. Reproductive guilds of fishes: a proposal and definition. *J. fish. res. board Can.*, **32** : 821-864.
- BALON E.K., MOMOT W.T. & REGIER H.A., 1977. Reproductive guilds of percids : results of the paleogeographical history and ecological succession. *J. fish. res. board Can.*, **34** : 1910-1921.
- BALVAY G., 1985. Structure et fonctionnement du réseau trophique dans les retenues artificielles, pp. 39-66. *In* : D. Gerdeaux et R. Billard (ed.). Gestion piscicole des lacs et retenues artificielles. Paris : INRA.

- BARBIER B., 1985. Les techniques de captures. Les engins passifs : les filets maillants, pp 81-90. In : D. Gerdeaux et R. Billard (ed.). Gestion piscicole des lacs et retenues artificielles. Paris : INRA.
- BARBIER B. & PASCAL M., 1975. Résistance du gardon (*Rutilus rutilus*) à des variations brusques de température. *Bull. fr. piscic.*, **258** : 26-37.
- BARTHELMES O., 1978. Hypothese über einen Zusammenhang Raubfish Wirtschaft Fischerstrag Wasser Qualität bei hoher Trophie. *Z. Binnen Fish. DDR*, **25** (9) : 274-277.
- BELAUD A., 1978. Influence du facteur thermique sur les grandeurs cardio-ventilatoires de l'anguille (*Anguilla anguilla*). Essai d'interprétation. *Cah. lab. hydrobiol. Montereau*, **6** : 5-14.
- BERGMAN E., 1990. Effects of roach *Rutilus rutilus* on two percids, *Perca fluviatilis* and *Gymnocephalus cernua* : importance of species interactions for diet shifts. *Oikos*, **57** : 241-249.
- BERGMAN E., 1991. Changes in abundance of two percids, *Perca fluviatilis* and *Gymnocephalus cernuus* along a productivity gradient : relations to feeding strategies and competitive abilities. *Can. j. fish. aquat. sci.*, **48** (4) : 536-545.
- BILLARD R., 1980. Les possibilités de contrôle de la reproduction chez les poissons par modulation des facteurs de l'environnement et manipulations hormonales. *Cah. lab. hydrobiol. Montereau*, **10** : 11-32.
- BILLARD R. & BRETON B., 1981. Le cycle reproducteur chez les poissons téléostéens. *Cah. lab. hydrobiol. Montereau*, **12** : 43-54.
- BLET-CHARAUDEAU, 1977. Contribution à la connaissance de certaines techniques et méthodes d'inventaire ichtyologique appliquée à la Seine au niveau de Montereau. Paris : CTGREF.
- BOGE G., RIGAL A & PERES G., 1974. L'absorption intestinale "in vitro" du glyco-colle et du sodium chez la truite (*Salmo gairdnerii*) en fonction de la température. *Cah. lab. hydrobiol. Montereau*, **1** : 33-40.

- BOGE G., RIGAL A & PERES G., 1975. Influence de la température d'acclimatation sur l'absorption intestinale du glyocolle chez la truite arc-en-ciel. *Cah. lab. hydrobiol. Montereau*, 2 : 39-46.
- BOGE G., RIGAL A & PERES G., 1976a. Comparaison entre les résultats d'une méthode *in vitro* et d'une méthode *in vivo* pour étudier les effets des variations de la température sur l'absorption intestinale du glyocolle chez la truite arc-en-ciel. *Cah. lab. hydrobiol. Montereau*, 3 : 15-20.
- BOGE G., RIGAL A & PERES G., 1976b. Effets associés de l'hypoxie et des variations de la température sur l'absorption intestinale *in vitro* du glyocolle chez la truite arc-en-ciel. *Cah. lab. hydrobiol. Montereau*, 3 : 21-24.
- BOGE G., RIGAL A & PERES G., 1977a. Effets combinés de l'acclimatation thermique et des variations rapides de la température sur l'absorption intestinale "in vitro" du glyocolle chez la truite. *Cah. lab. hydrobiol. Montereau*, 5 : 49-58.
- BOGE G., RIGAL A & PERES G., 1977b. Effets des différentes acclimations thermiques sur l'absorption intestinale du glyocolle étudiée "in vitro" chez la truite arc-en-ciel. *Cah. lab. hydrobiol. Montereau*, 5 : 43-48.
- BOHLING P., HUDD R., LEHTONEN H., KARAS P., NEUMAN E. & THORESSON G., 1989. Variations in year-class strength of different perch (*Perca fluviatilis*) populations in the baltic Sea with special reference to temperature and pollution. *Can. j. fish. aquat. sci.*, 48 (7) : 1181-1187.
- BOUJARD T., 1987. Mise en évidence de deux groupes d'individus aux caractéristiques de croissance et de comportement distinctes au sein d'une population de perches (*Perca fluviatilis* Linnaeus, Pisces, Perciformes) dans un étang de Bretagne (France). *Oecol. appl.*, 8 (3) : 179-189.
- CASTANET J., GASC J.P., MEUNIER F. & DE RICQUES A., 1970. Calcium et nature des zones de croissance cyclique dans l'os des vertébrés poïkilothermes. *C. r. acad. sci. Paris*, 270 : 2853-2856.
- CEMAGREF, 1987. Méthodologie de l'étude des grands plans d'eau : suivi piscicole et essai de typologie. 39 p. Paris : CEMAGREF.

- CHAPPAZ R., BRUN G. & OLIVARI G., 1987. Mise en évidence de différences de régime alimentaire dans une population d'ablettes *Alburnus alburnus* (L.) dans le lac de Sainte Croix. Conséquences sur la croissance et la fécondité. *Ann. limnol.*, 23 : 245-252.
- CHAPPAZ R., BRUN G. & OLIVARI G., 1989. Contribution à l'étude du régime alimentaire, de la croissance et de la fécondité de la perche (*Perca fluviatilis* L.) dans un lac oligotrophe de région tempérée. *Rev. sci. eau.*, 2 : 95-107.
- CHARLON N., 1968. Résistance du poisson-chat (*Ameirus nebulosus*) à des variations brusques de température. *Bull. fr. piscic.*, 230 : 5-25.
- CHARLON N., BARBIER B. & BONNET L., 1970. Résistance de la truite arc-en-ciel à des variations brusques de température. *Ann. hydrobiol.*, 1 (1) : 73-89.
- CHEVEY P., 1922. Observation sur une perche hermaphrodite (*Perca fluviatilis* Linn.). *Bull. soc. zool. Fr.*, XLVII : 3-4.
- CHEVEY P., 1925. Recherches sur la perche et le bar. Etude embryogénique, systématique et biogéographique des percidés européens. *Bull. biol. fr. Belg.*, 59 : 147-292.
- CHODOROWSKI A., 1973a. Quelques problèmes écologiques concernant l'élevage combiné des carnassiers en pisciculture de repeuplement. *Ann. stn. biol. Besse-en-Chandesse*, 8 : 235-272.
- CHODOROWSKI A., 1973b. Formation de populations bimodales chez les alevins de poissons carnassiers. *Verh. int. Ver. Limnol.*, 19 : 2546-2555.
- COBLE D.W., 1966. Dependence of total annual growth in yellow perch on temperature. *J. fish. res. board Can.*, 23 : 15-20.
- COLLETTE B.B., 1963. The subfamilies, tribes and genera of the Percidae (Teleostei). *Copeia*, 4 : 615-623.
- COLLETTE B.B. & BANARESCU P., 1977. Systematics and zoogeography of the fishes of the family Percidae. *J. fish. res. board Can.*, 34 : 1450-1463.

- COLLETTE B.B., ALI M.A., HOKANSON K.E.F., NAGIEC M., SMIRNOV S.A., THORPE J.E., WEATHERLEY A.H. & WILLEMSSEN J., 1977. Biology of the percids. *J. fish. res. board Can.*, **34** : 1890-1899.
- COLLVIN L., 1985. The effect of copper on growth, food consumption and food conversion of perch, *Perca fluviatilis* L., offered maximal food rations. *Aquat. toxicol.*, **6** : 105-113.
- CRAIG J.F., 1974. Population dynamics of perch, *Perca fluviatilis*, in Slapton Ley, Devon. Age, growth, length-weight, relationships and conditions. *Freshw. biol.*, **4** : 433-444.
- CRAIG J.F., 1975a. Seasonal variation in the catching power of traps used for perch, *Perca fluviatilis*. *Freshw. biol.*, **5** : 183-187.
- CRAIG J.F., 1975b. Seasonal changes in the day and night activity of adult perch, *Perca fluviatilis* L. *J. fish biol.*, **11** : 161-166.
- CRAIG J.F., 1977. The body composition of adult perch (*Perca fluviatilis*) in Windermere with reference to seasonal changes and reproduction. *J. anim. ecol.*, **46** : 617-632.
- CRAIG J.F., 1987. The biology of perch and related fish. 333 p. London : Groom Helm.
- DAHL K., 1909. The assessment of age and growth in fish. *Int. Rev. gesamten Hydrobiol. Hydrogr.*, **2** : 758-769.
- DARAZOLA G. & LABAT R., 1976. Influence de la température et du pH du milieu ambiant sur l'ECG et la respiration de quelques téléostéens dulçaquicoles. *Cah. lab. hydrobiol. Montereau*, **1** : 55-70.
- DEGIORGI F. & GRANDMOTTET J.P., 1992. Impacts de la désoxygénation chronique de l'hypolimnion d'un lac de moyenne montagne sur son ichtyofaune. *Ichthyophysiol. acta*, **15** : 79-97.
- DEGIORGI F., GUILLARD J., GRANDMOTTET J.P. & GERDEAUX D., 1993. Les techniques d'étude de l'ichtyofaune lacustre utilisée en France : bilan et perspectives. *Hydroécol. appl.*, **5** (2) : 27-42.
- DESCAMPS B. & BAUDIN-JAULENT Y., 1988. Evolution de l'impact radioécologique de l'accident de Tchernobyl dans trois bassins fluviaux français, pp. C68-C80. *In* : Impact

des accidents d'origine nucléaire sur l'environnement. IVème Symposium international de radioécologie, Cadarache, France, mars 1988.

- DESCAMPS B., 1991. Evolution de l'impact des retombées de Tchernobyl sur les poissons de rivières, de retenues artificielles et de lacs de Montagne corses. *Radioprot.*, 26 (3) : 515-535.
- DIEHL S., 1988. Foraging efficiency of three freshwater fishes : effects of structural complexity and light. *Oikos*, 53 : 207-214.
- DOUDET T, DESCAMPS B. & FOULQUIER L., 1981. Exemple d'une valorisation de rejets thermiques: la pisciculture d'anguilles de Pierrelatte. *Pêch. marit.* (juin) : 1-6.
- DURAND J.P. & GAS J.M., 1976. Quelques aspects de la reproduction du brochet dans la Seine au niveau de Montereau. Croissance et comportement des alevins dans diverses conditions expérimentales et document photographique. La reproduction artificielle du brochet. Développement embryonnaire de l'alevin. 108 p. Travaux réalisés avec le concours d'EDF. Rapp. stage : ISARA : Lyon.
- DUSSART B.H., 1974. Ecologie des lacs de barrage et action de ceux-ci sur le milieu environnant. *Ann. hydrobiol.*, 5 : 151-153.
- ELECTRICITE DE FRANCE, 1979. Etude d'impact. Centrale de Cattenom, tranches A1 et A2. Service national. Région de l'équipement Alpes-Lyon.
- ERIKSSON L.O., 1978. A laboratory study of diel and annual activity rhythms and vertical distribution in the perch, *Perca fluviatilis*, at the Arctic circle. *Environ. biol. fish.*, 3 (3) : 301-307.
- FERRONI J.M., BAU F., PARENT J.P. & VELLAS F., 1992. Variations de la composition du soma chez la perche (*Perca fluviatilis*) capturée à différentes saisons, dans la retenue de Pareloup (Aveyron). *Ichthyophysiol. acta*, 15 : 69-78.
- FLESCH A., 1987. Limnologie du réservoir du Mirgenbach, Cattenom, Moselle (partie Ichtyologie). 114 p. Mém. DEA : Sci. agron : ENSAIA, Nancy.

- FLESCH A., MASSON G. & MORETEAU J.C., 1994. Comparaison de trois méthodes d'échantillonnage utilisées dans l'étude de la répartition de la perche (*Perca fluviatilis*) dans un lac-réservoir. *Cybiurn*, **18** (1) : 39-56.
- FLESCH A., MASSON G. & MORETEAU J.C., 1995. Temporal distribution of Perch (*Perca fluviatilis* L.) in a lake-reservoir (Moselle, France) : analysis of catches with vertical gill nets. *Hydrobiol.*, 9 p. (sous presse)
- FLESCH A., MONDON F., DUBOST N. & MASSON G., 1990. Expérimentation d'aliment inerte sur un poisson carnassier d'eau douce, la perche (*Perca fluviatilis* L.) en aquarium. Poster. Congrès National de l'Association Française de Limnologie. 34. Metz/Nancy.
- FOLLIOT P., 1975. Biologie du black-bass et de la perche-soleil et de leur reproduction en milieu réchauffé par une centrale thermique. 64 p. Rapp. stage : ENSA : Rennes.
- FOULQUIER L., 1988. Evaluation de l'impact radioécologique de l'accident de Tchernobyl sur des écosystèmes aquatiques en France, pp. C81-C88. *In* : Impact des accidents d'origine nucléaire sur l'environnement, IVème Symposium international de radioécologie, Cadarache, France, mars 1988.
- GANTER P. & JOLLES G., 1970. Histochimie normale et pathologique. Tome II, pp. 925-1904. Paris : Gauthier-Villars.
- GERDEAUX D., 1982. La pêche aux engins dans les plans d'eau non vidangeables. Association internationale des entretiens écologiques. **13** : 169-176.
- GERDEAUX D., 1985. Techniques d'échantillonnage. Les engins actifs : chaluts et sennes, pp 91-105. *In* : D. Gerdeaux et R. Billard (ed.). Gestion piscicole des lacs et retenues artificielles. Paris : INRA.
- GERDEAUX D. & CHAMPIGNEULLE A., 1983. Note sur la croissance et la maturité de la perche (*Perca fluviatilis* L.) dans le lac Léman. Rapp. Inst. limnol. Thonon-lès-Bains, **83-3** : 8 p.
- GERSTER S., 1995 (sous presse). Barsch-Multimaschenfänge. Bodensee-Obersee (1987-93). Bodensee-Untersee (1990-93). Datenauswertung und Resultate. *OFEFP, Cah. pêche, Berne, Suisse.*

- GILBERT A. & SALENCON M.J., 1988. Etude thermo-haline de la retenue du Mirgenbach à Cattenom. Note technique. 34 p. Chatou : EDF/DER.
- GILLET C, BILLARD R. & BRETON B., 1977. Influence de la température sur la reproduction du poisson rouge. *Cah. lab. hydrobiol. Montereau*, 5 : 25-42.
- GILLET C., 1985. Le déroulement de la fraie des principaux poissons lacustres, pp 167-185. In D. Gerdeaux et R. Billard (ed.). Gestion piscicole des lacs et retenues artificielles. Paris : INRA.
- GOSSET C., 1976. Un appareil de pêche à courant continu à haute performance : le HERON. *Piscic. fr.*, 47 : 25-29.
- GOUBIER V., HOESTLANDT H. & GOUBIER M., 1983. Recherches biologiques sur la perche (*Perca fluviatilis* L.) de Sao Miguel (Açores). *Cybiurn*, 7 (4) : 25-49.
- GOUBIER V., 1990. Reproduction et élevage larvaire de la perche (*Perca fluviatilis*). *Aqua rev.*, 31 : 13-18.
- GRANDMOTTET J.P. & VAUDAUX P., 1989. Utilisation des filets verticaux pour l'échantillonnage des peuplements pisciaires. Premiers résultats et perspective. 20 p. Actes colloque IIGGE. Aix les bains. Juin 1989.
- GRASSE P.P. & DEVILLERS C.R., 1965. Super-Classe des poissons, pp. 561-629. In : Précis de sciences biologiques, Zoologie II, Vertébrés. Paris : Masson.
- GUMA'A S.A., 1978. The effects of temperature on the development and mortality of eggs of perch, *Perca fluviatilis*. *Freshw. biol.*, 8 : 221-227.
- GUTI G., 1992. The population density of perch, *Perca fluviatilis* L., in the Cikola backwater system of the river Danube, Hungary. *Hydrobiol.*, 242 : 195-198.
- GUYARD A., GRANDMOTTET J.P. & VERNEAUX J., 1989. Utilisation de batteries de filets verticaux à enroulement : nouvelle technique d'échantillonnage de la faune ichtyologique lacustre. Application à l'étude du peuplement pisciaire de la retenue du barrage de Vouglans (Jura). *Ann. sci. univ. Franche-Comté, biol. anim.*, 5 (1) : 59-70.

- HAMLEY J.M., 1975. Review of gillnet selectivity. *J. fish res. board Can.*, **32** (11) : 1943-969.
- HAMLEY J.M. & REGIER, H.A., 1973. Direct estimates of gillnet selectivity to Walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*). *J. fish res. board Can.*, **30** : 817-830.
- HANSSON S., 1985. Local growth differences in perch (*Perca fluviatilis*) in a baltic archipelago. *Hydrobiol.*, **121** : 3-10.
- HEIDINGER R.C. & KAYES T.B., 1986. In "Culture of nonsalmonid freshwater fishes : yellow perch". Yellow perch Boca. Raton : C.R.C. Press. **7** : 103-113.
- HOESTLANDT H., 1979. Le nanisme de la perche en France est-il un mythe ?. *Bull. cent. étude rech. sci. Biarritz*, **12** (3) : 453-470.
- HOESTLANDT H., 1980. La perche en France : biologie et nanisme. *Piscic. fr.*, **60** : 39-48.
- HOESTLANDT H. & RUDELLE J., 1979. Examen électronique densitométrique d'opercules de perches (*Perca fluviatilis* L.) en vue de la détermination de l'âge des poissons. *C. r. acad. sci. Paris, sér. D*, **288** : 117-119.
- HOFFBAUER C., 1898. Die Altenbestimmung des Karpfens an seiner Schuppe. *All. Fisch. Z.*, **23** : 341-343.
- HOKANSON K.E.F., 1977. Temperature requirements of some percids and adaptations to the seasonal temperature cycle. *J. fish. res. board Can.*, **34** : 1524-1550.
- HOLCIK J., 1970. Klicava reservoir an ichtyological study. *Biol. Pr. Bratsl*, **15** (3) : 5-94.
- HOLCIK J. & MIHALIK J., 1970. Freshwater fishes. 3rd ed. 128 p. London : Hamlyn Publishing Group Ltd.
- HOLT S.J., 1963. A method for determining gear selectivity and its application. *ICNAF Spec. publ.*, **5** : 106-115.
- HOUTHUIJZEN R.P., BACKX J.J.G.M. & BUIJSE A.D., 1993. Exceptionally rapid growth and early maturation of perch in a freshwater lake recently converted from an estuary. *J. fish biol.*, **43** : 320-324.

- JAMET J.L., 1991. Importance de la faune ichtyologique dans le lac d'Aydat, milieu eutrophe de la zone tempérée Nord : ses relations trophiques avec les autres composants de l'écosystème. 263 p. Th. doct. : Univ. Blaise Pascal : Clermont-Ferrand.
- JAMET J.L., GARAVAGLIA C., DAL MOLIN & SARGOS D., 1990. Fécondité, croissance et régime alimentaire de la perche adulte (*Perca fluviatilis* L.) du lac de Monate (Italie du Nord). *Riv. idrobiol.*, **29** (2) : 597-615.
- JAMET J.L. & LAIR N., 1991. An exemple of diel feeding cycle of two percids perch (*Perca fluviatilis*) and ruffe (*Gymnocephalus cernuus*) in eutrophic lake Aydat (France). *Ann. sci. nat. zool.*, Paris, **12** : 99-105.
- JAMET J.L. & DESMOLLES F., 1994. Growth reproduction and condition of Roach (*Rutilus rutilus* L.), Perch (*Perca fluviatilis* L.) and Ruffe (*Gymnocephalus cernuus* L.) in eutrophic lake Aydat. France. *Int. Rev. gesamten Hydrobiol.*, **79** (2) : 305-322.
- JELLYMAN D.J., 1976. Hermaphrodite european perch, *Perca fluviatilis* L. *N.Z. J. mar. freshw. res.*, **10** (4) : 721-723.
- JENSEN J.W., 1986. Gill net selectivity and the efficiency of alternative combinations of mesh sizes for some freshwater fish. *J. fish biol.*, **28** : 637-646.
- JENSEN J.W., 1990. Comparing fish catches taken with gill nets of different combinations of mesh sizes. *J. fish biol.*, **37** : 99-104.
- JONES D.H., 1982. The spawning of perch (*Perca fluviatilis* L.) in Loch Leven, Kinross, Scotland. *Fish manag.*, **13** (4) : 139-151.
- KARAS P., 1987. Food consumption, growth and recruitment in perch (*Perca fluviatilis* L.). Doct. thesis : Uppsala Univ., Sweden.
- KARAS P. & NEUMAN E., 1981. First year growth of perch (*Perca fluviatilis*) and roach (*Rutilus rutilus*) in a heated baltic bay. *Rep. inst. freshw. res. Drottningholm.*, **59** : 48-63.

- KEAST A., 1970. Food specializations and bioenergetics interrelations in the fish faunas of small Ontario waterways, pp. 377-411. *In* : Steele J.H. (ed.). Marine food chains. Edinburgh : Oliver & Boyd.
- KELSO J.R.M. & BAGENAL T.B., 1977. Percids in Unperturbed Ecosystems. *J. fish. res. board Can.*, **34** : 1959-1563.
- KHALANSKI M., 1976. Relation entre les températures létales et la température d'acclimatation des poissons d'eau douce. Construction d'abaques. *Cah. lab. hydrobiol. Montereau*, **3** : 35-42.
- KIENER A., 1985. Au fil de l'eau ... en pays méditerranéen. 307 p. St Pierre en Avignon : Aubanel.
- KIPLING C. & LE CREN E.D., 1984. Mark-recapture experiments on fish in Windermere, 1943-1982. *J. fish biol.*, **24** : 395-414.
- LANG C., 1981. Densité, localisation, taille et développement des chaînes d'oeufs de perche (*Perca fluviatilis* L.) dans le Léman de 1979 à 1981. *Bull. soc. vaud. sci. nat.*, **360** (75) : 257-265.
- LANG B. & LANG C., 1983. Effets combinés de la pêche et de l'eutrophisation sur la perche (*Perca fluviatilis* L.) dans les eaux vandoises du Léman. *Schweiz Z. Hydrol.*, **45** (2) : 480-493.
- LASSERRE G., 1976. Dynamique des populations ichthyologiques lagunaires. Application à *Sparus aurata* L. 306 p. Th. Etat : Sci. nat. : Univ. Sci. Tech. Languedoc : Montpellier.
- LAVAL P. & PLANES S., 1991. Calcif : un logiciel de mesure des anneaux de croissance sur PC-AT, pp 433-439. *In* : Baglinière J.L., Castanet J., Conand F., Meunier F.J. (ed.). Tissus durs et âge individuel des vertébrés. Colloque national, Bondy, France, 4-6 mars 1991. Colloques et Séminaires ORSTOM-INRA.
- LEA E., 1910. On the methods used in the herring investigations. *Publ. circ. Cons. perm. int. explor. mer. Copenhague*, **53** : 7-175.

- LEACH J.H., JOHNSON M.G., KELSON J.R.M., HARTMAN J., NUMANN W. & ENTZ B., 1977. Responses of percids fishes and their habitats to eutrophication. *J. fish. res. board Can.*, **34** : 1964-1971.
- LE CREN E.D., 1947. The determination of the age and growth of the perch (*Perca fluviatilis*) from the opercular bone. *J. anim. ecol.*, **16** : 188-204.
- LE CREN E.D., 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. anim. ecol.*, **20** : 201-219.
- LE CREN E.D., 1958. Observations on the growth of perch (*Perca fluviatilis* L.) over twenty-two years with special reference to the effects of temperature and changes in population density. *J. anim. ecol.*, **27** : 287-334.
- LE CREN E.D., 1992. Exceptionally big individual perch (*Perca fluviatilis* L.) and their growth. *J. fish. biol.*, **40** : 599-625.
- LE CREN E.D., KIPLING C. & Mc CORMACK J.C., 1977. A study of the numbers, biomass and year-class strengths of perch (*Perca fluviatilis* L.) in Windermere from 1941 to 1966. *J. anim. ecol.*, **46** : 281-307.
- LEE R.M., 1912. An investigation into the methods of growth determination in fishes. *Publ. circ. Cons. perm. int. explor. mer*, **63** : 35 p.
- LEE R.M., 1920. A review of the methods of age and growth determination in fishes. *Fishery invest.* London., **4** : 32 p.
- LEROY M., 1987. Etude de la biologie de la perche (*Perca fluviatilis*) et de son régime alimentaire. 81 p.-annex. Mém. Licence : Sci. biol. : Univ. Namur (Belgique).
- LETEUX F. & MEYER F.P., 1972. Mixtures of malachite green and formalin for controlling *Ichthyophthirius* and other protozoan parasites of fish. *Progress. fish-cult.*, **34** (1) : 21-26.
- LEYNAUD G. & ALLARDI J., 1975. Incidences d'un rejet thermique en milieu fluvial sur les mouvements des populations ichthyologiques. *Cah. lab. hydrobiol. Montereau*, **2** : 65-70.
- LINLOKKEN A., 1984. Gill-net selectivity for perch, *Perca fluviatilis*. *Fauna*, **37** : 112-116.

- LINLOKKEN A., KLEIVEN E. & MATZOW D., 1991. Population structure, growth and fecundity of perch (*Perca fluviatilis* L.) in an acidified river system in Southern Norway. *Hydrobiol.*, **220** : 179-188.
- Mc CORMACK J.C., 1970. Observation on the food of Perch (*Perca fluviatilis* L.) in Windermere. *J. anim. ecol.*, **39** : 255-267.
- MANN R.H.K., 1978. Observations on the biology of the perch, *Perca fluviatilis*, in the River Stour, Dorset. *Freshw. biol.*, **8** : 229-239.
- MARTOJA R. & MARTOJA M., 1967. Initiation aux techniques d'histologie animale. 345 p. Paris : Masson.
- MARZOU R., 1989. Etude faunistique et répartition spatio-temporelle du peuplement zooplanctonique de la retenue du Mirgenbach. Mém. DEA : Sci. agron : ENSAIA, Nancy.
- MASSON G., 1987. Biologie et écologie d'un poisson plat amphihaline, le flet (*Platichthys flesus flesus* Linné, 1758) dans l'environnement ligérien : distribution, démographie, place au sein des réseaux trophiques. 344 p. Th. doct.: Océanol. biol. : Brest.
- MASSON G., BRIOULLET D. & OLLIVIER M., 1991. Etude préliminaire de la typologie des plans d'eau et de la pisciculture en Lorraine. Bibliographie, enquête auprès des pisciculteurs d'étang. 63 p. Rapp. Univ. Metz, CREUM. Convention SRAE Lorraine.
- MATHEY A., 1993. Etude biologique et écotoxicologique de la chlorophycée *Hydrodictyon reticulatum* (L.) Lagerh., génératrice d'une fleur d'eau. Site électronucléaire de Cattenom, Moselle (cycle biologique, constitution biochimique, capacité d'adsorption du cuivre). Etude in situ et en laboratoire. 212 p. Th. doct. : Sci. agron. : INPL: Nancy.
- MATTILA J., 1992. The effect of habitat complexity on predation efficiency of perch *Perca fluviatilis* (L.), and ruffe *Gymnocephalus cernuus* (L.). *J. exp.mar. biol. ecol.*, **157** : 55-67.
- MERSCH J., 1993. Modalités de la moule zébrée *Dreissena polymorpha* en tant qu'indicateur biologique de la contamination des écosystèmes d'eau douce par les métaux lourds.

Comparaison avec un autre type d'organismes sentinelles, les mousses aquatiques. 231 p. Th. doct.: Sci. vie : Metz.

- MERSCH J., JEANJEAN A., SPOR H. & PIHAN J.C., 1992. The freshwater mussel *Dreissena polymorpha* as a bioindicateur for trace metals, organochlorines and radionuclides, pp 227-244. In : D. Neumann, H.A. Jenner (ed.). The Zebra mussel *Dreissena polymorpha*. Stuttgart : G. Fischer Verlag.
- MERSCH J., DUBOST N. & PIHAN J.C., 1993. Comparaison de plusieurs supports analytiques inertes et biologiques pour apprécier la contamination métallique de la retenue du site électronucléaire de Cattenom, France. *Ann. limnol.*, **29** (3-4) : 325-337.
- MEUNIER F.J., 1983. Les tissus osseux des Ostéichthyens. Structure, génèse, croissance et évolution. 200 p. (Arch. doc. Inst. ethnol., micro-édition). Paris : Muséum national d'histoire naturelle.
- MORETEAU J.C., 1985. Croissance et cycle sexuel de deux espèces de Littorines (Mollusques, Gastéropodes, Prosobranches) : *Littorina rudis* (Maton) et *Littorina nigrolineata* (Gray), à Roscoff (Nord, Finistère). 157 p. Th. Etat : Univ. Paris-Sud : Orsay.
- MOUNEIMNE N., 1981. Remarques sur la relation longueur/poids et le facteur de condition chez les poissons. *Cybium*, **5** (4) : 77-85.
- MULLER-FEUGA A., PETIT J. & SABAUT J.J., 1978. Influence de la température et du poids unitaire sur la demande en oxygène de la truite arc-en-ciel en eau douce. *Cah. lab. hydrobiol. Montereau*, **6** : 15-26.
- NEDELEC C., PORTIER M. & PRADO J., 1979. Techniques de pêche. 146 p. Nantes : Institut Scientifique et Technique des Pêches Maritimes.
- NEWSOME G.E. & LEDUC G., 1975. Seasonal changes of fat content in the yellow perch (*Perca flavescens*) of two Laurentian lakes. *J. fish res. board Can.*, **32** : 2214-2221.
- OLZEWSKI P., 1953. The thermal conditions of mountain lakes. *Bull. acad. pol. sci. math.* : 239-290.

- ORGANISATION DE COOPERATION ET DE DEVELOPPEMENT ECONOMIQUES (OCDE), 1982. Eutrophisation des eaux. Méthode de surveillance, d'évaluation et de lutte. 164 p. Paris : OCDE.
- PANFILI J., 1992. Estimation de l'âge individuel des poissons : méthodologies et applications à des populations naturelles tropicales et tempérées. 456 p.-11 annexes. Th. doct. : Physiol., biol. org. pop. : Univ. Sci. tech. Languedoc : Montpellier 2.
- PARENT J.P., BOUCHE G. & VELLAS F., 1976. Effet du réchauffement des eaux sur quelques paramètres physiologiques de deux téléostéens : le gardon et la perche. *Cah. lab. hydrobiol. Montereau*, 3 : 5-14.
- PARENT J.P. & CREACH Y., 1977. Résistance du gardon à une baisse brusque de la température. *Cah. lab. hydrobiol. Montereau*, 5 : 59-72.
- PERSSON L., 1979. The effects of temperature and different food organisms on the rate of gastric evacuation in perch (*Perca fluviatilis*). *Freshw. biol.*, 9 : 99-104.
- PERSSON L., 1983a. Food consumption and competition between age classes in a perch, *Perca fluviatilis*, population in a shallow eutrophic lake. *Oikos*, 40 : 197-207.
- PERSSON L., 1983b. Food consumption and the significance of detritus and algae to intraspecific competition in roach *Rutilus rutilus* in a shallow eutrophic lake. *Oikos*, 41 : 118-125.
- PERSSON L., 1983c. Effects of intra- and interspecific competition on dynamics and size structure of a perch *Perca fluviatilis* and a roach *Rutilus rutilus* population. *Oikos*, 41 : 126-132.
- PERSSON L., 1986. Effects of reduced interspecific competition on resource utilization in perch (*Perca fluviatilis*). *Ecol.*, 67 : 355-364.
- PERSSON L., 1990. A field experiment on the effects of interspecific competition from roach *Rutilus rutilus* (L.) on age at maturity and gonad size in perch, *Perca fluviatilis* (L.). *J. fish biol.*, 37 : 899-906.
- PERSSON L. & GREENBERG L.A., 1990. Juvenile competitive bottlenecks : the perch (*Perca fluviatilis*) - roach (*Rutilus rutilus*) interaction. *Ecol.*, 71 (1) : 44-56.

- PETERSEN C.G.J., 1896. The yearly immigration of young plaice into the Limfjord from the German Sea, *Rep. Dan. biol. stn.*, 6: 1-48.
- PIALOT D., 1985. Analyse des données de milieu en hydrobiologie. Apport des techniques multivariées. 338 p. Th. 3^{ème} cycle : Univ. Claude Bernard : Lyon I.
- PIHAN J.C., DUBOST N., FLESCHE A. & GREGOIRE A., 1989. Bilan des études hydrobiologiques relatives à l'impact du fonctionnement du Centre de Production Nucléaire de Cattenom sur la retenue du Mirgenbach (de 1986 à 1988). Rapp. de contrat EDF.
- RASK M., 1983. Differences in growth of perch, *Perca fluviatilis* L., in two small forest lakes. *Hydrobiol.*, 101 : 139-144.
- RASK M. & RAITANIEMI J., 1988. The growth of perch, *Perca fluviatilis* L., in recently acidified lakes of southern Finland. A comparison with unaffected waters. *Arch. Hydrobiol.*, 112 (3) : 387-397.
- SCHERRER B., 1984. Biostatistique. 850 p. Quebec: Gaëtan Morin.
- SHUTER B.J. & POST, J.R., 1990. Climate, population viability and the zoogeography of temperate fishes. *Trans. am. fish. soc.*, 119 : 314-336.
- SIRE J.Y., 1981. La scalation (apparition et mise en place des écailles) chez *Hemichromis bimaculatus* (Gill, 1962) (Téléostéens, Perciformes, Cichlidés). *Cybiurn*, 5 (3) : 51-66.
- SIRE J.Y. & ARNULF I., 1990. The development of squamation in four teleostean fishes with a survey of the literature. *Jpn. j. ichtyol.*, 37 : 133-143.
- SMYLY W.J.P., 1952. Observations on the food of the fry of perch (*Perca fluviatilis* Linn.) in Windermere. *Proc. zool. soc. Lond.*, 122 : 407-416.
- SPANOVSKAYA V.D. & GRYGORASH V.A., 1977. Development and food of age -0- Eurasian perch (*Perca fluviatilis* L.) in reservoirs near Moscow, USSR. *J. fish. res. board Can.*, 34 : 1551-1558.
- SPILLMAN C.J., 1961. 65 poissons d'eau douce. 303 p. Paris : Lechevalier.

- SUMARI O., 1971. Structure of the perch populations of some ponds in Finland. *Ann. zool. Fenn.*, **8** : 406-421.
- SVETOVIDOV A.N. & DOROFEEVA E.A., 1963. Systematics, origin and history of the distribution of the Eurasian and North American perches and pike perches (Genera *perca*, *Lucioperca*, and *Shizostedion*). *Vopr. Ikhtiol.*, **3** : 625-651.
- SZCZYGLINSKA A., 1983. Variability of taxonomic features in some perch (*Perca fluviatilis* L., 1758) populations from freshwater reservoirs of Northern Poland. *Acta ichthyol. pisc.*, **13** (1) : 39-62.
- TAMAZOUZT L., CAPDEVILLE B., FONTAINE P., TERVER D. & GEORGES A., 1993. Growth of perch *Perca fluviatilis* fed on a formulated diet reared in two culture systems: closed circuit and floating cage, pp 272. *In* : From discovery to commercialisation, Kestemont P. and Billard R. (ed.). *European Aquaculture Society*, Special publication **20**. Ghent, Belgium.
- TAMAZOUZT L., DUBOIS J.P. & FONTAINE P., 1994. Production et marché actuels de la perche *Perca fluviatilis* L. en Europe. *Piscic. fr.*, **114** : 4-8.
- THORPE J.E., 1974. Trout and Perch populations at Loch Leven, Kinross. *Proc. R. Soc. Edimburgh*, Sect. B Biol., **74** : 295-313.
- THORPE J.E., 1977a. Morphology, physiology, behavior, and ecology of *Perca fluviatilis* L. and *P. flavescens* Mitchell. *J. fish. res. board Can.*, **34** : 1504-1514.
- THORPE J.E., 1977b. Daily ration of adult perch, *Perca fluviatilis* L., during summer in Loch Leven, Scotland. *J. fish. biol.*, **11** : 55-68.
- TRAVADE F., ENDERLE M.J. & GRAS R., 1985. Retenues artificielles : gestion hydraulique et ressources piscicoles, pp. 15-37. *In* : D. Gerdeaux et R. Billard (ed.). *Gestion piscicole des lacs et retenues artificielles*. Paris : INRA.
- TREASURER J.W., 1980. Some aspects of the reproductive biology and early life history of perch (*Perca fluviatilis* L.) in two Aberdeenhire lochs. DP. Th. : Univ. Aberdeen.

- TREASURER J.W., 1990. Length and weight changes in perch, *Perca fluviatilis* L., and pike *Esox lucius* L., following freezing. *J. fish biol.*, **37** : 499-500.
- UNIVERSITE DE METZ. LABORATOIRE D'ECOLOGIE, 1986 à 1991. Rapports hydrobiologiques de la retenue du Mirgenbach, Cattenom. Rapp. de contrat EDF-CPN Cattenom.
- UNIVERSITE DE METZ. CENTRE DE RECHERCHES ECOLOGIQUES (CREUM), 1992 et 1993. Rapports hydrobiologiques de la retenue du Mirgenbach, Cattenom. Contrat EDF-CPN Cattenom.
- VAN DENSEN W.L.T., 1987. Gillnet selectivity of pikeperch, *Stizostedion lucioperca* (L.) and perch, *Perca fluviatilis* (L.), caught mainly wedged. *Aquac. fish. manag.*, **18** : 95-106.
- VEIN D., GIGLEUX M., FLESCH A., PIERRE J.F., MARZOU R. & PIHAN J.C., 1990. Trophic evolution of a reservoir with overheated waters : nuclear power station at Cattenom, Moselle, France. *Ann. limnol.*, **27** (1) : 87-98.
- VIBERT R. & LAGLER K.F., 1960. Pêches continentales. 689 p. Paris : Dunod.
- VIVIER P., 1975. L'évolution depuis le début du siècle du peuplement piscicole du Léman français. *Schweiz Z. Hydrol.*, **37** (2) : 195-199.
- VLAVONOU R., 1991. Contribution à la maîtrise de l'élevage intensif de juvéniles de poissons carnassiers d'eaux douces: Perche (*Perca fluviatilis*) et Brochet (*Esox lucius*). 53 p. Mém. DEA: Sci. agron : ENSAIA, Nancy.
- VOLODIN V.M., 1980. Plodovidost, Okunya *Perca fluviatilis* L., Rybinskojo Vodokhranilishcha. *Vopr. Ikhtiol.*, **19** (4) : 672-679.
- VON BERTALANFFY L., 1938. A quantitative theory of organic growth. *Hum. biol.*, **10** : 181-213.
- WEATHERLEY A.H., 1963. Zoogeography of *Perca fluviatilis* L. and *Perca flavescens* M. with special reference to the effects of high temperature. *Proc. zool. soc. Lond.*, **141** : 557-576.

- WEATHERLEY A.H., 1972. Growth and ecology of fish populations. 293 p. London : Academic Press.
- WILLEMSEM J., 1977. Population dynamics of percids in lake Ijssel and some smaller lakes in the Netherlands. *J. fish. res. board Can.*, **34** (10) : 1710-1719.
- ZEH M., RITTER E. & RIBI G., 1989. Spawning and egg development of *Perca fluviatilis* in lake Zürich. *Aquat. sci.*, **51** (2) : 100-107.

Annexes

ANNEXE 1

Mise en marche des tranches nucléaires:

tranche 1: 24/10/1986

tranche 2: 07/08/1987

tranche 3: 16/02/1990

tranche 4: 04/05/1991

ANNEXE 2

**Détail des données des 4 paramètres :
Température, Oxygène dissous, Conductivité et pH**

Station 2 - Températures de 1987 à 1991

date	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m
19.02.87	6.2	6.2	6.3	6.3	6.2	6.1	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.1			
19.03.87	7.3	7.3	7.3	7.3	7.2	7.2	7.2	7.2	7.1	7.1	6.9	6.9				
15.04.87	14.1	13.6	12.8	12.5	12.3	12.0	11.8	11.7	11.7							
07.05.87	16.3	13.2	16.1	16.0	16.0	16.0	15.8	15.8	15.7	15.7	15.6	15.5	15.5			
10.06.87	18.0	18.0	18.0	18.0	17.8	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4			
09.07.87	23.5	23.5	23.2	23.0	23.0	23.0	23.0	22.9	22.9	22.8	22.6	22.4	22.3			
13.08.87	21.6	21.1	21.0	20.9	20.8	20.8	20.7	20.7	20.5	20.3	20.2	20.1				
09.09.87	22.1	22.2	22.2	21.3	21.2	21.2	21.2	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.0			
16.10.87	15.7	15.8	15.7	15.3	15.2	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1					
18.11.87	12.8	12.5	12.3	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0				
02.12.87	10.7	10.7	10.6	10.4	10.2	10.2	10.2	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1				
27.01.88	10.2	10.2	9.8	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.6	9.6	9.3	9.3	9.3		
23.02.88	9.5	9.5	9.5	9.5	9.4	9.4	9.3	9.2	9.2	9.2	9.2	9.2				
22.03.88	11.2	11.2	11.0	10.7	10.7	10.7	10.6	10.6	10.5	10.5	10.5	10.4				
06.04.88	12.6	12.6	12.2	12.0	12.0	11.8	11.7	11.7	11.6	11.5	11.5	11.5				
03.05.88	16.3	16.3	16.2	16.1	16.1	16.0	15.9	15.9	15.9	15.9	15.8	15.8				
02.06.88	18.7	18.7	18.6	18.6	18.6	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.4				
11.07.88	22.1	22.0	21.9	21.6	21.5	21.3	21.0	21.1	20.8	20.8	20.8	20.7				
09.08.88	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.0	23.8	23.8	23.6	23.6					
06.09.88	19.8	19.6	19.5	19.5	19.5	19.5	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4				
04.10.88	17.6	17.3	17.2	17.1	17.0	17.0	17.0	16.9	16.9	16.9	16.6	16.6				
08.11.88	12.4	12.4	12.4	12.4	12.3	12.3	12.3	12.3	12.2	12.2	12.1					
05.12.88	11.9	11.9	11.6	11.6	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.4					
21.03.89	12.3	12.3	12.2	12.1	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	11.8						
11.04.89	14.6	14.5	14.5	14.2	14.0	13.9	13.8	13.8	13.8	13.7	13.7					
11.05.89	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2	17.1	17.0	16.5	16.4	16.3	16.2				
06.06.89	20.5	20.6	20.5	20.5	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.6	20.5					
04.07.89	21.9	21.9	22.0	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9	21.9					
02.08.89	23.3	23.2	23.2	23.2	23.2	23.2	23.1	23.1	23.0	23.0	23.0	23.0				
12.09.89	20.4	20.3	20.3	20.3	20.3	20.3	20.2	20.2	20.2	20.1	20.1					
10.10.89	16.5	16.5	16.4	16.4	16.5	16.5	16.4	16.4	16.4							
07.11.89	14.1	14.1	14.1	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0							
19.12.89	9.6	9.6	9.6	9.5	9.5	9.5	9.4	9.4	9.3							
24.01.90	10.3	10.4	10.0	9.7	9.5	9.5	9.5	9.3	9.0							
21.02.90	10.6	10.6	10.5	10.5	10.5	10.5	10.4	10.4	10.3							
25.04.90	15.3	15.2	15.0	15.0	14.9	14.9	14.9	14.8	14.8	14.6	14.2	14.2				
21.05.90	22.4	22.4	22.4	22.4	22.4	22.3	22.2	22.0	22.0	21.9	21.8	21.5	21.4			
25.06.90	21.7	21.3	21.2	21.0	21.0	20.9	20.9	20.9	20.9	20.8	20.7	20.7				
27.07.90	24.6	24.4	24.3	24.1	24.1	24.1	24.1	24.0	24.0	24.0	24.0	23.9				
28.08.90	24.2	24.1	24.1	24.0	24.0	24.0	23.9	23.9	23.9	23.8	23.8	23.6				
26.09.90	18.1	18.0	18.0	18.0	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9					
23.10.90	17.4	17.4	17.3	17.3	17.3	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2				
24.01.91	9.1															
13.02.91	8.4	8.1	7.8	7.8	7.7	7.7	7.6	7.5	7.4							
13.03.91	13.1	12.9	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.6	12.5							
09.04.91	14.0	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.5	13.5	13.5							
07.05.91	15.7	15.4	15.2	15.2	15.2	15.2	15.1	15.0								
05.06.91	20.0	19.7	19.6	19.6	19.6	19.6	19.5	19.5	19.4							
03.07.91	23.8	23.3	23.1	23.0	22.9	22.8	22.5	22.4	22.3							
14.08.91	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.7								
11.09.91	23.6	23.2	23.1	23.1	23.1	23.0	23.0	23.0								
08.10.91	19.3	19.1	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9	18.9								
04.11.91	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8	13.8									
11.12.91	10.5	10.3	9.9	9.8	9.8	9.8	9.8	9.5	9.4							

Station 3 - Températures de 1987 à 1991

date	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m
19.02.87	6.0	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.0	6.1	6.0	6.0	6.0	6.1			
19.03.87	6.8	6.8	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7	6.7		
15.04.87	14.4	13.3	12.8	12.3	12.2	12.0	12.0	11.9	11.8	11.7						
07.05.87	16.1	16.1	15.9	15.8	15.8	15.8	15.8	15.7	15.7	15.6	15.6	15.6	15.6			
10.06.87	17.9	17.9	17.9	17.9	17.8	17.5	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.3	17.3	17.3	17.3	
09.07.87	23.5	23.5	23.4	23.0	23.0	23.0	23.0	22.9	22.9	22.8	22.8	22.5	21.9	20.2	18.9	17.3
13.08.87	21.6	21.4	21.0	21.0	20.8	20.7	20.6	20.6	20.5	20.3	20.2	20.1	20.1	19.9		
09.09.87	22.0	22.0	21.9	21.5	21.3	21.2	21.2	21.2	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.0	21.0	
16.10.87	15.3	15.3	15.3	15.3	15.2	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1			
18.11.87	12.3	12.2	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	11.9	12.0	
02.12.87	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.0	10.0			
27.01.88	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.6	9.5	9.4	9.4	9.4		
23.02.88	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3			
22.03.88	10.8	10.8	10.8	10.8	10.8	10.7	10.7	10.7	10.7	10.6	10.5	10.1	9.9	9.8	9.8	
06.04.88	12.5	12.5	12.5	12.5	12.4	12.4	12.2	12.2	12.1	11.9	11.9	11.8	11.8	11.7	11.6	
03.05.88	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.6	15.5			
02.06.88	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.4	18.3		
11.07.88	22.0	22.0	21.9	21.8	21.3	21.1	21.0	20.8	20.8	20.7	20.7	20.6	20.6	20.4		
09.08.88	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	24.0	23.8	23.5	23.4	23.3			
06.09.88	19.8	19.6	19.5	19.5	19.5	19.5	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4			
04.10.88	17.6	17.3	17.3	17.1	17.1	17.0	17.0	17.0	16.9	16.7	16.6	16.6	16.6			
08.11.88	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.2		
05.12.88	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4			
21.03.89	12.1	12.1	12.1	12.1	12.0	12.0	11.9	11.9	11.8	11.8	11.7	11.7	11.7	11.7		
11.04.89	14.1	14.1	14.1	14.0	13.9	13.8	13.8	13.8	13.8	13.7	13.6	13.5	13.5			
11.05.89	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2	17.2	16.6	16.4	16.2	16.0	15.7			
06.06.89	20.5	20.5	20.5	20.5	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.3		
04.07.89	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.7		
02.08.89	23.3	23.3	23.2	23.2	23.1	23.2	23.1	23.1	23.1	23.1	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	
12.09.89	20.1	20.3	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.2	20.1	20.1	20.1	20.1	20.1			
10.10.89	16.5	16.5	16.5	16.5	16.5	16.4	16.4	16.4	16.4							
07.11.89	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	14.0	13.9							
19.12.89	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1							
24.01.90	9.4	9.5	9.4	9.5	9.5	9.6	9.6	9.3	9.0							
21.02.90	10.6	10.6	10.6	10.5	10.5	10.5	10.5	10.4	10.4							
25.04.90	15.1	15.0	14.9	14.9	14.8	14.8	14.8	14.7	14.6	14.5	14.3	14.1	14.1	13.9	13.9	
21.05.90	22.5	22.4	22.4	22.4	22.4	22.2	22.1	22.0	22.0	21.9	21.8	21.7	21.6	21.3	19.8	17.3
25.06.90	21.8	21.2	21.1	20.9	20.9	20.9	20.9	20.9	20.8	20.8	20.8	20.8	20.7	20.7	20.7	
27.07.90	24.3	24.3	24.2	24.0	24.0	24.0	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9			
28.08.90	24.2	24.0	24.0	23.9	23.9	23.9	23.9	23.8	23.8	23.8	23.8	23.6				
26.09.90	17.9	17.9	17.9	17.9	17.9	17.8	17.9	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8				
23.10.90	17.3	17.4	17.4	17.4	17.4	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3	17.3			
24.01.91	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9									
13.02.91	7.7	7.7	7.7	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.5	7.5	7.5	7.4				
13.03.91	13.3	12.9	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.8	12.7	12.7	12.7	12.7	12.5			
09.04.91	14.0	13.7	13.6	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5				
07.05.91	15.3	15.2	15.2	15.2	15.1	15.1	15.1	15.0	15.0	15.0	15.0	14.9	14.9			
05.06.91	19.9	19.6	19.5	19.5	19.5	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4		
03.07.91	23.6	23.5	23.1	22.9	22.8	22.5	22.3	22.3	22.1	22.0	21.8	21.7	21.4	21.2	21.1	20.7
14.08.91	26.0	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.8	25.8				
11.09.91	23.2	23.3	23.3	23.3	23.2	23.0	22.9	22.9	22.9	22.9	23.0	23.0	23.0	23.1		
08.10.91	19.2	19.0	18.9	18.8	18.7	18.8	18.8	18.8	18.9	18.9	18.9	18.8	18.8			
04.11.91	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6		
11.12.91	9.5	9.5	9.5	9.5	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.5	9.5	9.4	9.4	9.4

Station 4 - Températures de 1987 à 1991

date	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m
19.02.87	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.1	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.0	6.1	6.2	
19.03.87	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	
15.04.87	14.0	12.8	12.6	12.5	12.4	12.2	11.9	11.8	11.7	11.7	11.6	11.3				
07.05.87	16.0	16.0	15.9	15.9	15.8	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.7	15.6	15.4	15.3		
10.06.87	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.6	17.5	17.4	17.4	17.4	17.4	17.3	17.3	17.3	17.2	
09.07.87	23.5	23.3	23.2	23.0	23.0	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	22.2	21.9	19.5	17.1	
13.08.87	21.6	21.3	21.0	20.9	20.8	20.7	20.7	20.7	20.6	20.4	20.3	20.2	20.1	20.0	19.9	19.7
09.09.87	22.0	21.9	21.5	21.3	21.3	21.2	21.2	21.2	21.1	21.1	21.1	21.1	21.1	21.0	21.0	20.9
16.10.87	15.2	15.2	15.2	15.2	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.1	15.0	15.0
18.11.87	12.3	12.2	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.0	12.0	11.9
02.12.87	10.1	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.1			
27.01.88	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.6	9.6	9.5	9.4	9.3	9.3	9.3	9.3
23.02.88	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.2	9.2
22.03.88	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.7	10.0	9.9	
06.04.88	12.8	12.8	12.7	12.8	12.7	12.7	12.6	12.6	12.6	12.5	12.4	12.4	12.0	11.8	11.8	
03.05.88	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.9	15.8	15.8	15.8	15.8	15.8	15.2	14.4	13.2	
02.06.88	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.5	18.4	18.4	18.4	16.7
11.07.88	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.7	21.0	20.9	20.9	20.7	20.7	20.6	20.6	20.5	20.4	
09.08.88	24.0	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	24.1	23.5	23.4	23.3	22.9	22.9	
06.09.88	19.9	19.6	19.5	19.5	19.5	19.5	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.3	19.3	19.3
04.10.88	17.6	17.3	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.0	16.7	16.6	16.6	16.6	16.6	16.5	
08.11.88	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.1	12.0	12.0	11.9	
05.12.88	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	11.4	
21.03.89	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	12.0	11.9	11.7	11.7	11.7	11.7
11.04.89	13.9	13.9	13.9	13.9	13.8	13.8	13.8	13.7	13.7	13.7	13.7	13.6	13.5	13.5	13.5	13.3
11.05.89	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.1	17.0	17.0	16.3	16.2	16.0	15.7	14.9	14.2	
06.06.89	20.5	20.5	20.5	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.4	20.3	20.0
04.07.89	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.8	21.7	21.7	21.7	21.6	21.6	
02.08.89	23.3	23.3	23.2	23.2	23.2	23.2	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.1	23.0	23.0	23.0
12.09.89	20.3	20.3	20.3	20.2	20.2	20.2	20.2	20.1	20.1	20.1	20.0	20.0	20.0	20.0	20.0	
10.10.89	16.4	16.4	16.4	16.4	16.4	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	16.3	
07.11.89	14.0	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	13.9	
19.12.89	9.0	9.0	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	8.9	
24.01.90	9.5	9.5	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.3	9.1							
21.02.90	10.6	10.6	10.6	10.6	10.5	10.5	10.4	10.4	10.4							
25.04.90	15.2	15.2	15.0	15.0	14.9	14.9	14.8	14.8	14.6	14.5	14.4	14.3	14.1	14.0	13.9	13.7
21.05.90	22.5	22.4	22.4	22.4	22.3	22.3	22.3	22.0	22.0	21.9	21.9	21.7	21.6	21.6	20.5	16.8
25.06.90	21.7	21.3	21.1	21.0	21.0	20.9	21.0	20.9	20.9	20.9	20.8	20.8	20.7	20.7	20.7	20.6
27.07.90	24.4	24.4	24.1	24.0	24.0	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.8	23.8	23.9	
28.08.90	24.3	24.0	24.0	23.9	23.9	23.9	23.9	23.9	23.8	23.8	23.8	23.7	23.6	23.6	23.5	23.4
26.09.90	17.9	17.9	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8	17.8
23.10.90	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.4	17.3	17.3	17.3	17.2
24.01.91	8.7															
13.02.91	8.1	8.1	8.0	7.9	7.8	7.8	7.7	7.7	7.7	7.7	7.6	7.6	7.6			
13.03.91	13.6	13.0	12.9	12.9	12.9	12.9	12.8	12.8	12.8	12.8	12.6	12.6	12.6	12.5	12.4	
09.04.91	13.8	13.7	13.6	13.6	13.6	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5	13.5
07.05.91	15.6	15.3	15.3	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.2	15.1	15.0	14.9	14.9	14.9	14.8	
05.06.91	20.3	19.8	19.7	19.6	19.6	19.5	19.5	19.5	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.4	19.3	19.2
03.07.91	23.4	23.0	22.9	22.8	22.8	22.7	22.5	22.4	22.3	22.0	21.9	21.5	21.4	21.2	21.1	20.9
14.08.91	26.0	26.0	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.9	25.8	25.8	25.8	25.8	25.7	25.5		
11.09.91	23.2	23.2	23.2	23.2	23.1	23.0	23.0	22.9	22.9	22.9	22.9	22.9	23.0	23.0	23.1	
08.10.91	19.0	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.8	18.9	18.9	18.8	18.9	18.9	18.9	18.9	
04.11.91	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.6	13.5	13.5	13.5	13.4	13.4
11.12.91	9.4	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.5	9.4	9.4	9.3	9.3	9.2			

Station 2 - Oxygène dissous (mg/l) de 1987 à 1991

date	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m
19.02.87	13.4	13.2	13.2	13.2	13.2	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	12.8			
19.03.87	9.3	9.8	10.1	10.7	11.0	11.3	11.7	11.8	12.1	12.3	12.3	12.4				
15.04.87	11.0	11.2	11.0	10.8	10.8	10.5	10.2	10.0	9.8							
07.05.87	9.8	9.7	9.8	9.7	9.6	9.5	9.5	9.5	9.6	9.6	9.5	9.2	9.1			
10.06.87	11.6	11.8	11.8	11.8	11.7	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3				
09.07.87	10.4	11.0	10.6	10.3	10.5	10.3	10.4	10.0	9.2	9.6	9.2	9.0	8.5			
13.08.87	14.5	13.6	13.1	12.5	11.9	11.8	11.5	11.2	11.2	10.4	10.6	10.1				
09.09.87	12.4	12.5	12.3	11.5	11.1	10.7	10.4	10.3	10.3	10.2	9.6	9.1	7.6			
16.10.87	9.9	9.8	9.7	9.6	9.4	9.5	9.3	9.2	9.3	9.2	9.1					
18.11.87	9.9	9.8	9.7	9.7	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.6	9.5	9.5				
02.12.87	10.0	9.9	9.8	9.7	9.6	9.6	9.6	9.6	9.5	9.5	9.5	9.5				
27.01.88	11.6	11.5	11.5	11.6	11.6	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.5	11.5	11.3	10.6		
23.02.88	11.0	11.0	11.0	11.0	11.1	11.2	11.3	11.5	11.6	11.7	11.5	11.5				
22.03.88	11.4	11.4	11.5	11.6	11.8	11.9	12.0	12.1	12.1	12.2	12.2	12.0				
06.04.88	12.0	12.0	12.2	12.2	12.5	12.5	12.5	12.5	12.6	12.6	12.6	12.6				
03.05.88	10.0	10.1	10.2	10.3	10.5	10.5	10.3	10.4	10.5	10.7	10.4	10.4				
02.06.88	10.1	10.2	10.0	9.7	9.5	9.3	9.3	9.3	9.3	9.3	9.4	9.3				
11.07.88	14.3	13.5	12.7	12.7	12.8	12.8	12.6	12.2	11.4	11.0	10.7	10.1				
09.08.88	8.6	8.4	8.5	8.5	8.5	8.5	8.3	7.7	7.5	7.3	7.1					
06.09.88	8.8	8.6	8.3	8.2	8.1	8.1	8.0	7.9	7.9	7.9	8.0					
04.10.88	10.1	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	10.0	9.9	9.8	9.7	8.9	8.7				
08.11.88	9.7	9.7	9.6	9.6	9.5	9.5	9.4	9.4	9.4	9.3	9.3					
05.12.88	9.4	9.4	9.2	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.0					
21.03.89	10.3	10.3	10.3	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.2	10.0						
11.04.89	11.7	11.7	11.7	11.5	11.6	11.8	11.9	11.9	11.9	11.9	11.0					
11.05.89	11.4	11.4	11.4	11.4	11.5	11.3	11.5	11.5	11.5	11.5	11.4	11.3				
06.06.89	8.0	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	8.0	8.1	8.1	8.3	8.3					
04.07.89	8.0	7.8	7.5	7.5	7.3	6.8	6.8	6.8	6.7	6.7	6.7					
02.08.89	8.3	7.7	7.5	7.4	7.4	7.4	7.5	7.6	7.7	7.6	7.6	7.6				
12.09.89	10.4	10.4	10.3	10.3	10.2	10.2	10.2	10.0	10.0	10.0	9.8					
10.10.89	11.9	11.8	11.7	11.5	11.4	11.3	11.3	11.2	11.2							
07.11.89	9.6	9.4	9.4	8.7	8.7	8.7	8.7	8.8	8.8	8.8						
19.12.89	9.9	9.9	9.9	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8	9.8						
24.01.90	11.5	11.5	11.4	11.4	11.4	11.3	11.3	11.2	11.2							
21.02.90	10.6	10.5	10.5	10.3	10.3	10.3	10.2	10.2	10.2							
25.04.90	9.5	9.5	9.6	9.7	9.9	10.1	9.7	9.5	9.3	9.3	9.0	8.7				
21.05.90	8.1	8.0	8.1	8.2	8.2	8.0	7.8	7.7	7.6	7.5	7.2	6.4	5.6			
25.06.90	9.1	9.2	9.2	9.3	9.7	9.6	9.4	9.0	8.4	8.3	8.2	8.1				
27.07.90	9.4	9.7	9.8	10.6	10.9	11.1	11.1	11.2	11.2	10.9	10.6	10.5				
28.08.90	10.6	11.8	12.8	13.3	13.8	14.2	14.3	14.1	14.0	13.7	13.8	9.4				
26.09.90	10.3	10.4	10.6	10.6	10.6	10.7	10.9	10.9	11.1	11.1	11.2					
23.10.90	10.3	10.2	10.3	10.2	10.3	10.5	10.7	10.7	10.8	10.8	10.9	10.9				
24.01.91	12.6															
13.02.91	11.8	11.8	11.7	11.7	11.6	11.6	11.6	11.7	11.5							
13.03.91	11.6	11.7	11.9	12.1	12.2	12.3	12.3	12.3	11.3							
09.04.91	11.5	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.2							
07.05.91	9.8	9.5	9.4	9.4	9.4	9.5	9.6	9.6								
05.06.91	8.3	8.4	8.4	8.3	8.4	8.5	8.4	8.5	8.5							
03.07.91	9.1	9.1	9.1	9.1	9.0	9.0	9.0	8.9	8.4							
14.08.91	8.7	8.7	9.0	9.2	9.4	9.6	10.0	10.2								
11.09.91	9.4	9.7	10.0	10.1	10.2	9.5	9.5	9.0								
08.10.91	9.7	9.6	9.7	9.8	10.0	10.0	10.0	9.8								
04.11.91	10.5	10.4	10.6	10.7	10.9	11.1	10.2									
11.12.91	11.2	11.5	11.5	11.7	12.0	12.2	12.5	12.4	12.4							

Station 3 - Oxygène dissous (mg/l) de 1987 à 1991

date	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m
19.02.87	12.3	12.3	12.4	12.4	12.5	12.5	12.5	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.4			
19.03.87	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1		
15.04.87	11.1	11.4	11.3	10.8	10.8	10.7	10.5	10.5	10.3	9.8						
07.05.87	9.6	9.6	9.5	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.3	9.4	9.4	9.4			
10.06.87	11.8	12.0	12.0	12.0	11.9	11.5	11.4	11.4	11.5	11.4	11.3	11.0	10.9	10.8	10.6	
09.07.87	11.5	11.3	11.2	10.9	11.0	11.0	11.0	11.0	10.9	11.0	10.6	10.2	8.5	7.1	2.7	0.3
13.08.87	15.1	14.8	12.7	12.0	12.0	11.7	11.6	11.4	11.4	11.4	11.3	10.3	10.0	7.5		
09.09.87	12.4	12.4	12.3	12.1	11.5	10.6	10.4	10.1	10.0	10.3	10.1	10.0	9.2	8.9	6.5	
16.10.87	9.9	9.7	9.6	9.5	9.5	9.4	9.4	9.4	9.3	9.3	9.4	9.4	9.4			
18.11.87	10.0	9.9	9.8	9.7	9.7	9.7	9.6	9.6	9.6	9.5	9.5	9.5	9.6	9.5	9.5	
02.12.87	9.9	9.9	9.8	9.8	9.8	9.8	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7			
27.01.88	11.0	11.0	11.1	11.2	11.3	11.5	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.5	11.4	11.2		
23.02.88	10.7	10.7	10.8	10.9	11.1	11.3	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9	11.8			
22.03.88	11.2	11.2	11.3	11.5	11.7	11.9	12.0	12.1	12.2	12.2	12.2	11.9	11.4	11.2	11.0	
06.04.88	11.8	11.8	11.9	11.9	11.9	12.0	12.1	12.2	12.4	12.5	12.6	12.4	12.0	11.7	11.4	
03.05.88	9.2	9.4	9.5	9.7	9.9	10.1	10.3	10.4	10.5	10.5	10.6	10.3	10.3			
02.06.88	10.2	10.2	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.2	10.2	10.1	9.4	9.3		
11.07.88	14.5	14.9	14.8	14.3	12.8	11.8	11.3	12.0	11.6	11.0	10.6	9.9	8.8	8.2		
09.08.88	8.4	8.5	8.4	8.5	8.5	8.5	8.5	8.4	8.4	8.0	7.2	7.4	8.1			
06.09.88	8.7	8.5	8.4	8.3	8.3	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.1	8.0	7.8			
04.10.88	10.1	10.1	10.1	10.0	10.0	9.9	9.9	9.7	9.7	9.4	9.2	9.1	8.8			
08.11.88	9.6	9.5	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.3	9.3	9.3	9.3	9.4	9.3	8.3		
05.12.88	9.2	9.2	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.0	9.1	9.0			
21.03.89	10.3	10.4	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.2	10.2	10.1	10.1	10.0	9.9	9.8		
11.04.89	11.9	12.2	12.2	12.1	12.1	12.1	12.0	12.0	11.9	11.7	11.7	11.4	11.1			
11.05.89	11.3	11.5	11.6	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	12.0	12.3	12.3	11.8	11.4			
06.06.89	8.3	8.2	8.1	7.8	7.8	7.8	7.7	7.7	7.7	7.6	7.6	7.6	7.6	7.4		
04.07.89	7.0	7.0	6.9	6.9	6.9	6.9	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	7.0	6.9	6.8		
02.08.89	8.0	7.7	7.4	7.2	7.2	7.1	7.1	7.1	7.1	7.2	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	
12.09.89	10.6	10.4	10.4	10.3	10.3	10.3	10.3	10.2	10.1	10.0	10.0	9.8	9.6			
10.10.89	11.7	11.6	11.5	11.3	11.3	11.3	11.2	11.2	11.1							
07.11.89	8.9	8.6	9.1	9.0	8.6	8.8	8.8	8.8	8.8							
19.12.89	9.9	9.9	9.8	9.8	9.8	9.8	9.7	9.7	9.7							
24.01.90	11.5	11.5	11.4	11.3	11.3	11.3	11.2	11.2	11.2							
21.02.90	10.4	10.3	10.3	10.3	10.2	10.2	10.2	10.1	10.1							
25.04.90	9.1	9.1	9.1	9.1	9.2	9.3	9.0	9.0	9.0	9.0	8.8	8.7	8.6	7.9	7.4	
21.05.90	7.5	7.4	7.5	7.5	7.6	7.4	7.3	7.2	7.2	7.2	7.2	6.8	6.8	6.2	3.2	1.0
25.06.90	8.9	9.0	9.1	9.4	9.5	9.5	9.4	9.1	8.5	8.7	8.6	8.5	8.4	7.9	6.9	
27.07.90	9.7	9.7	9.8	9.8	9.8	9.8	10.0	10.0	10.0	9.9	9.9	9.6				
28.08.90	11.8	12.3	12.5	12.8	12.0	12.3	13.6	13.4	13.0	12.5	12.2	9.0				
26.09.90	9.9	9.9	10.0	10.2	10.4	10.5	10.6	10.6	10.6	10.7	10.8	10.9				
23.10.90	9.8	9.8	9.9	9.9	10.3	10.5	10.5	10.7	10.9	10.9	10.8	10.8	10.9			
24.01.91	12.4															
13.02.91	11.5	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3				
13.03.91	11.9	11.9	12.0	12.1	12.3	12.4	12.5	12.5	12.4	12.3	12.2	12.1	11.7			
09.04.91	11.6	11.5	11.2	11.1	11.1	11.1	11.1	11.0	11.0	11.0	11.1	11.1				
07.05.91	9.5	9.4	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.8	9.9	9.9	9.9	9.5	9.2			
05.06.91	8.6	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3	8.4	8.5	8.5	8.6	8.6	8.6	8.9	8.9		
03.07.91	9.0	9.0	9.1	9.1	9.0	9.0	9.0	9.0	8.9	8.9	8.8	8.7	8.4	8.3	7.8	5.9
14.08.91	8.4	8.2	8.5	8.7	8.9	9.1	9.1	9.0	8.8	8.7	8.4	8.4				
11.09.91	9.5	9.7	9.8	10.0	10.0	9.3	9.0	9.2	9.1	9.1	9.3	9.3	9.1	9.1		
08.10.91	9.5	9.6	9.7	9.8	9.8	10.0	10.0	10.1	10.2	10.1	10.0	10.0	9.9			
04.11.91	10.3	10.2	10.4	10.6	10.7	11.0	11.1	11.2	11.2	11.3	11.5	11.5	11.7	11.5		
11.12.91	11.3	11.5	11.8	11.9	12.1	12.3	12.4	12.4	12.5	12.5	12.7	12.7	12.8	12.8	12.7	12.6

Station 4 - Oxygène dissous (mg/l) de 1987 à 1991

date	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m
19.02.87	12.3	12.3	12.4	12.4	12.5	12.5	12.5	12.6	12.6	12.6	12.6	12.6	12.4			
19.03.87	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.2	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1	13.1		
15.04.87	11.1	11.4	11.3	10.8	10.8	10.7	10.5	10.5	10.3	9.8						
07.05.87	9.6	9.6	9.5	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.3	9.4	9.4	9.4			
10.06.87	11.8	12.0	12.0	12.0	11.9	11.5	11.4	11.4	11.5	11.4	11.3	11.0	10.9	10.8	10.6	
09.07.87	11.5	11.3	11.2	10.9	11.0	11.0	11.0	11.0	10.9	11.0	10.6	10.2	8.5	7.1	2.7	0.3
13.08.87	15.1	14.8	12.7	12.0	12.0	11.7	11.6	11.4	11.4	11.4	11.3	10.3	10.0	7.5		
09.09.87	12.4	12.4	12.3	12.1	11.5	10.6	10.4	10.1	10.0	10.3	10.1	10.0	9.2	8.9	6.5	
16.10.87	9.9	9.7	9.6	9.5	9.5	9.4	9.4	9.4	9.3	9.3	9.4	9.4	9.4			
18.11.87	10.0	9.9	9.8	9.7	9.7	9.7	9.6	9.6	9.6	9.5	9.5	9.5	9.6	9.5	9.5	
02.12.87	9.9	9.9	9.8	9.8	9.8	9.8	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7	9.7			
27.01.88	11.0	11.0	11.1	11.2	11.3	11.5	11.7	11.7	11.7	11.7	11.7	11.5	11.4	11.2		
23.02.88	10.7	10.7	10.8	10.9	11.1	11.3	11.4	11.5	11.6	11.7	11.8	11.9	11.8			
22.03.88	11.2	11.2	11.3	11.5	11.7	11.9	12.0	12.1	12.2	12.2	12.2	11.9	11.4	11.2	11.0	
06.04.88	11.8	11.8	11.9	11.9	11.9	12.0	12.1	12.2	12.4	12.5	12.6	12.4	12.0	11.7	11.4	
03.05.88	9.2	9.4	9.5	9.7	9.9	10.1	10.3	10.4	10.5	10.5	10.6	10.3	10.3			
02.06.88	10.2	10.2	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.1	10.2	10.2	10.1	9.4	9.3		
11.07.88	14.5	14.9	14.8	14.3	12.8	11.8	11.3	12.0	11.6	11.0	10.6	9.9	8.8	8.2		
09.08.88	8.4	8.5	8.4	8.5	8.5	8.5	8.5	8.4	8.4	8.0	7.2	7.4	8.1			
06.09.88	8.7	8.5	8.4	8.3	8.3	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.1	8.0	7.8			
04.10.88	10.1	10.1	10.1	10.0	10.0	9.9	9.9	9.7	9.7	9.4	9.2	9.1	8.8			
08.11.88	9.6	9.5	9.4	9.4	9.4	9.4	9.4	9.3	9.3	9.3	9.3	9.4	9.3	8.3		
05.12.88	9.2	9.2	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.1	9.0	9.1	9.0			
21.03.89	10.3	10.4	10.3	10.3	10.3	10.3	10.3	10.2	10.2	10.1	10.1	10.0	9.9	9.8		
11.04.89	11.9	12.2	12.2	12.1	12.1	12.1	12.0	12.0	11.9	11.7	11.7	11.4	11.1			
11.05.89	11.3	11.5	11.6	11.5	11.5	11.5	11.5	11.5	12.0	12.3	12.3	11.8	11.4			
06.06.89	8.3	8.2	8.1	7.8	7.8	7.8	7.7	7.7	7.7	7.6	7.6	7.6	7.6	7.4		
04.07.89	7.0	7.0	6.9	6.9	6.9	6.9	6.8	6.8	6.8	6.8	6.8	7.0	6.9	6.8		
02.08.89	8.0	7.7	7.4	7.2	7.2	7.1	7.1	7.1	7.1	7.2	7.3	7.4	7.4	7.4	7.4	
12.09.89	10.6	10.4	10.4	10.3	10.3	10.3	10.3	10.2	10.1	10.0	10.0	9.8	9.6			
10.10.89	11.7	11.6	11.5	11.3	11.3	11.3	11.2	11.2	11.1							
07.11.89	8.9	8.6	9.1	9.0	8.6	8.8	8.8	8.8	8.8							
19.12.89	9.9	9.9	9.8	9.8	9.8	9.8	9.7	9.7	9.7							
24.01.90	11.5	11.5	11.4	11.3	11.3	11.3	11.2	11.2	11.2							
21.02.90	10.4	10.3	10.3	10.3	10.2	10.2	10.2	10.1	10.1							
25.04.90	9.1	9.1	9.1	9.1	9.2	9.3	9.0	9.0	9.0	9.0	8.8	8.7	8.6	7.9	7.4	
21.05.90	7.5	7.4	7.5	7.5	7.6	7.4	7.3	7.2	7.2	7.2	7.2	6.8	6.8	6.2	3.2	1.0
25.06.90	8.9	9.0	9.1	9.4	9.5	9.5	9.4	9.1	8.5	8.7	8.6	8.5	8.4	7.9	6.9	
27.07.90	9.7	9.7	9.8	9.8	9.8	9.8	10.0	10.0	10.0	9.9	9.9	9.6				
28.08.90	11.8	12.3	12.5	12.8	12.0	12.3	13.6	13.4	13.0	12.5	12.2	9.0				
26.09.90	9.9	9.9	10.0	10.2	10.4	10.5	10.6	10.6	10.6	10.7	10.8	10.9				
23.10.90	9.8	9.8	9.9	9.9	10.3	10.5	10.5	10.7	10.9	10.9	10.8	10.8	10.9			
24.01.91	12.4															
13.02.91	11.5	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3	11.3				
13.03.91	11.9	11.9	12.0	12.1	12.3	12.4	12.5	12.5	12.4	12.3	12.2	12.1	11.7			
09.04.91	11.6	11.5	11.2	11.1	11.1	11.1	11.1	11.0	11.0	11.0	11.1	11.1				
07.05.91	9.5	9.4	9.4	9.5	9.6	9.7	9.8	9.8	9.9	9.9	9.9	9.5	9.2			
05.06.91	8.6	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3	8.4	8.5	8.5	8.6	8.6	8.6	8.9	8.9		
03.07.91	9.0	9.0	9.1	9.1	9.0	9.0	9.0	9.0	8.9	8.9	8.8	8.7	8.4	8.3	7.8	5.9
14.08.91	8.4	8.2	8.5	8.7	8.9	9.1	9.1	9.0	8.8	8.7	8.4	8.4				
11.09.91	9.5	9.7	9.8	10.0	10.0	9.3	9.0	9.2	9.1	9.1	9.3	9.3	9.1	9.1		
08.10.91	9.5	9.6	9.7	9.8	9.8	10.0	10.0	10.1	10.2	10.1	10.0	10.0	9.9			
04.11.91	10.3	10.2	10.4	10.6	10.7	11.0	11.1	11.2	11.2	11.3	11.5	11.5	11.7	11.5		
11.12.91	11.3	11.5	11.8	11.9	12.1	12.3	12.4	12.4	12.5	12.5	12.7	12.7	12.8	12.8	12.7	12.6

Station 2 - Conductivité ($\mu\text{S/cm}$) de 1987 à 1991

date	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m
19.02.87	1370	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360			
19.03.87	1350	1350	1360	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1350	1340	1340	1380			
15.04.87	1330	1330	1350	1350	1340	1340	1350	1350	1350	1350						
07.05.87	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1370	1360	1360	1370	1360	1370			
10.06.87	1250	1240	1250	1250	1230	1220	1230	1250	1260	1260	1260	1260				
09.07.87	1200	1200	1190	1200	1200	1200	1200	1200	1190	1190	1190	1180	1190			
13.08.87	1380	1380	1390	1390	1410	1420	1420	1410	1400	1380	1380	1380				
09.09.87	1590	1580	1580	1570	1570	1570	1570	1570	1570	1570	1570	1570	1580			
16.10.87	1380	1380	1380	1410	1420	1440	1440	1440	1450	1450	1450					
18.11.87	1450	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1450	1450	1450	1450	1450				
02.12.87	1530	1530	1530	1530	1530	1530	1530	1530	1530	1530	1530	1530				
27.01.88	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1590	1580	1580	1590	1580	1580	1580		
23.02.88	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1400	1410	1420	1420	1420				
22.03.88	1450	150	1460	1460	1460	1470	1470	1480	1480	1480	1480	1480				
06.04.88	1440	1440	1450	1450	1450	1450	1460	1460	1470	1470	1480	1480				
03.05.88	1370	1360	1360	1360	1360	1350	1350	1340	1340	1350	1350	1350				
02.06.88	1540	1530	1530	1510	1500	1500	1500	1500	1500	1510	1520	1520				
11.07.88	1440	1430	1430	1450	1470	1480	1490	1510	1520	1520	1530	1530				
09.08.88	1580	1570	1570	1570	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580					
06.09.88	1740	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1730					
04.10.88	1730	1720	1710	1700	1710	1700	1700	1690	1700	1690	1640	1640				
08.11.88	1710	1710	1700	1700	1710	1710	1710	1710	1710	1710	1710					
05.12.88	1710	1710	1730	1740	1740	1740	1740	1750	1750	1760	1760					
21.03.89	1650	1650	1660	1660	1670	1670	1670	1670	1670	1680						
11.04.89	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660					
11.05.89	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1290	1310	1310	1300	1300				
06.06.89	1570	1570	1570	1580	1580	1590	1610	1620	1620	1630	1630					
04.07.89	1720	1710	1710	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700					
02.08.89	1740	1720	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1720	1730	1730	1740				
12.09.89	1730	1730	1730	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1720					
10.10.89	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800							
07.11.89	1820	1820	1820	1820	1840	1840	1840	1840	1840							
19.12.89	2140	2140	2130	2130	2130	2130	2130	2130	2130							
24.01.90	2310	2310	2270	2260	2240	2240	2240	2230	2230							
21.02.90	1980	1980	1990	1990	1990	1990	1980	1980	1980							
25.04.90	2150	2130	2120	2130	2140	2150	2160	2160	2160	2160	2130	2130				
21.05.90	2100	2100	2100	2100	2100	2120	2120	2130	2130	2130	2130	2130	1980			
25.06.90	1920	1920	1920	1910	1900	1900	1910	1920	1940	1940	1940	1940				
27.07.90	1760	1750	1750	1750	1760	1770	1790	1810	1810	1820	1830	1830				
28.08.90	1970	1970	1990	1990	2000	2000	2000	2010	2010	2020	2020	1990				
26.09.90	2310	2290	2290	2270	2270	2270	2270	2270	2280	2280	2290					
23.10.90	2220	2200	2210	2240	2260	2270	2270	2270	2270	2270	2260	2260				
24.01.91	1930															
13.02.91	1870	1860	1860	1860	1860	1860	1860	1860	1860							
13.03.91	1690	1700	1700	1710	1720	1740	1760	1780	1790							
09.04.91	1760	1770	1780	1790	1800	1810	1820	1820	1820							
07.05.91	1780	1790	1800	1810	1810	1810	1810	1800								
05.06.91	1920	1900	1880	1870	1870	1870	1870	1870	1250							
03.07.91	2330	2330	2330	2330	2330	2330	2330	2330	2330							
14.08.91	2540	2540	2540	2540	2540	2540	2540	2540								
11.09.91	2760	2650	2640	2640	2640	2670	2680	2710								
08.10.91	2710	2720	2730	2750	2780	2780	2770	2760								
04.11.91	2160	2140	2140	2140	2140	2140	2120									
11.12.91	2350	2350	2310	2310	2320	2320	2330	2320	2320							

Station 3 - Conductivité ($\mu\text{S/cm}$) de 1987 à 1991

date	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m
19.02.87	1360	1350	1350	1350	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1370	1390			
19.03.87	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340		
15.04.87	1340	1330	1330	1330	1340	1340	1340	1350	1350	1350				1340		
07.05.87	1360	1360	1360	1370	1360	1360	1360	1360	1370	1370	1360	1370	1370			
10.06.87	1260	1260	1260	1260	1260	1260	1260	1270	1270	1270	1270	1280	1280	1280	1280	
09.07.87	1200	1200	1190	1190	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1190	1180	1170	1150	1150	1220
13.08.87	1390	1390	1400	1410	1400	1400	1400	1400	1390	1380	1380	1380	1380	1380		
09.09.87	1570	1570	1570	1570	1580	1570	1570	1570	1570	1570	1570	1570	1580	1580	1580	
16.10.87	1400	1400	1400	1410	1410	1430	1430	1440	1440	1440	1440	1440	1440			
18.11.87	1440	1450	1440	1440	1440	1440	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	
02.12.87	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1520			
27.01.88	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1590	1590	1580	1580	1580	1580	1580		
23.02.88	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1420	1420	1420	1420	1420	1420			
22.03.88	1460	1460	1460	1470	1470	1470	1470	1470	1470	1470	1480	1520	1540	1540	1540	
06.04.88	1450	1450	1460	1470	1470	1470	1470	1470	1470	1480	1490	1500	1500	1520	1520	
03.05.88	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1330	1330		
02.06.88	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1510	1510	1510	1500	1500		
11.07.88	1470	1460	1470	1470	1480	1470	1470	1510	1520	1520	1520	1530	1530	1540		
09.08.88	1580	1570	1570	1570	1580	1580	1580	1580	1580	1570	1570	1580	1590			
06.09.88	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1740	1740			
04.10.88	1730	1720	1720	1710	1710	1710	1710	1700	1690	1660	1650	1650	1650			
08.11.88	1690	1690	1690	1700	1700	1700	1700	1700	1710	1710	1710	1710	1710	1710		
05.12.88	1730	1730	1740	1740	1740	1740	1740	1750	1760	1760	1760	1760	1760			
21.03.89	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1680	1680	1680	1680	1680		
11.04.89	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660			
11.05.89	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1300	1310	1310	1310	1320	1330			
06.06.89	1580	1570	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1570		
04.07.89	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700	1700		
02.08.89	1740	1720	1720	1720	1730	1730	1730	1720	1720	1730	1720	1720	1720	1720	1720	
12.09.89	1710	1710	1760	1760	1760	1760	1760	1750	1750	1760	1760	1760	1760			
10.10.89	1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810						
07.11.89	1830	1830	1830	1830	1830	1830	1830	1830	1830	1830						
19.12.89	2130	2130	2130	2130	2130	2130	2130	2130	2130	2130						
24.01.90	2260	2270	2270	2270	2270	2270	2270	2260	2250							
21.02.90	1980	1980	1970	1970	1970	1970	1980	1970	1970							
25.04.90	2120	2110	2110	2130	2140	2160	2160	2160	2160	2160	2160	2160	2160	2150	2150	
21.05.90	2110	2110	2110	2120	2120	2180	2120	2120	2130	2130	2130	2130	2130	2140	2160	2210
25.06.90	1880	1870	1880	1890	1900	1900	1900	1910	1940	1930	1940	1940	1950	1950	1950	
27.07.90																
28.08.90	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2010	2020	2020	2020	2020	2040				
26.09.90	2260	2250	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260				
23.10.90	2310	2310	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2290	2290	2290	2290	2300			
24.01.91	1940															
13.02.91	1840	1850	1840	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850				
13.03.91	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1810	1800	1810	1640			
09.04.91	1810	1810	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820				
07.05.91	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1790	1790			
05.06.91	1930	1880	1870	1870	1860	1860	1860	1860	1320	1320	1320	1320	1320	1320		
03.07.91	2330	2330	2330	2330	2330	2330	2330	2330	2330	2330	2330	2330	2330	2330	2330	2330
14.08.91	2540	2540	2540	2540	2540	2540	2540	2550	2540	2540	2540	2540				
11.09.91	2730	2730	2730	2730	2730	2670	2670	2680	2680	2700	2730	2760	2820	2870		
08.10.91	2710	2730	2740	2710	2710	2750	2750	2770	2770	2780	2790	2790	2790			
04.11.91	2150	2140	2130	2130	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140		
11.12.91	2310	2300	2300	2310	2310	2310	2310	2310	2310	2310	2310	2310	2310	2300	2300	2300

Station 4 - Conductivité ($\mu\text{S}/\text{cm}$) de 1987 à 1991

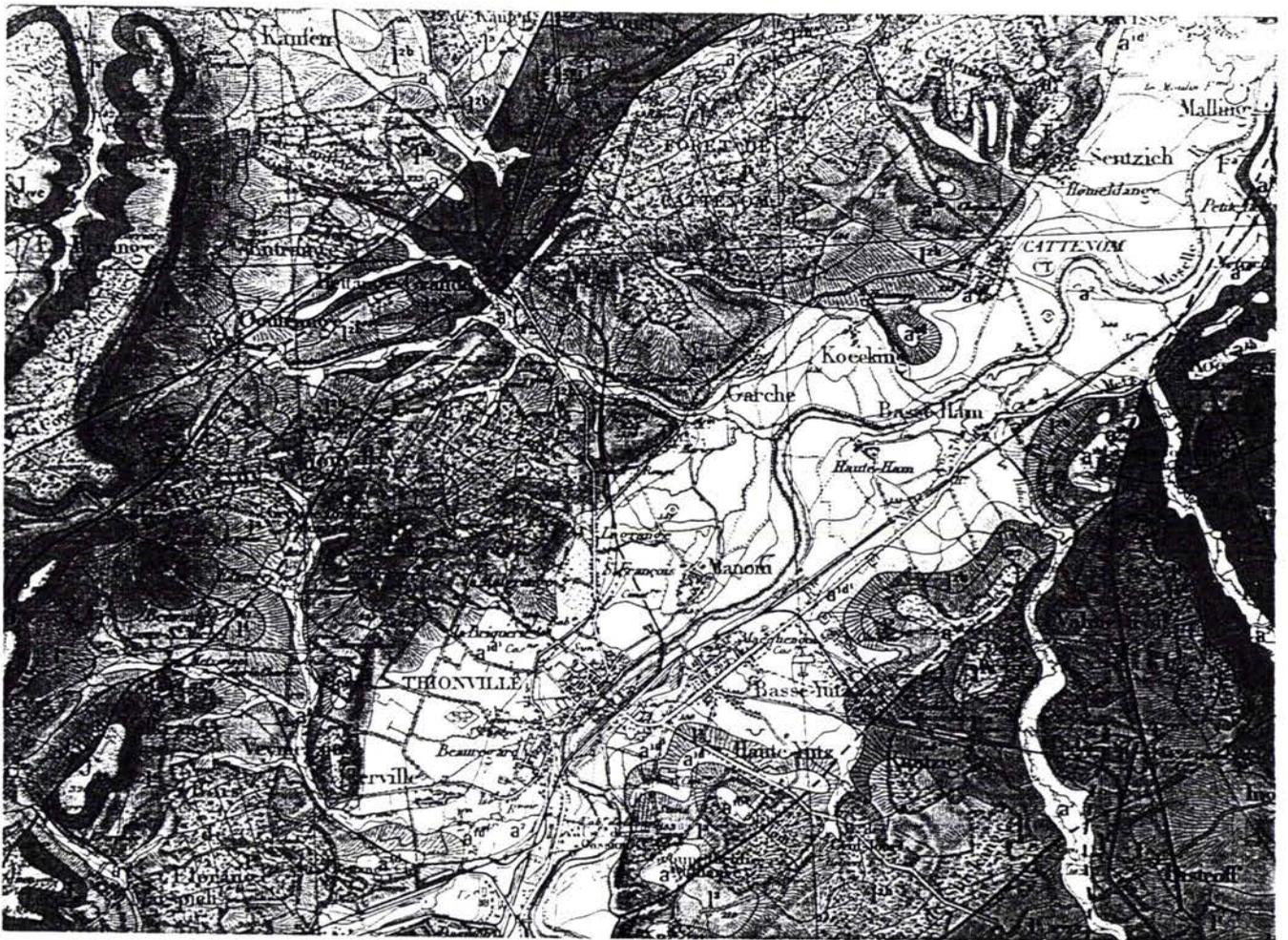
date	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m
19.02.87	1360	1360	1350	1360	1350	1350	1360	1360	1360	1360	1370	1370	1380	1380	1400	
19.03.87	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1330	1340	1330	1340	1330	1340	1340	1340	1340	
15.04.87	1330	1320	1330	1340	1340	1340	1350	1350	1350	1360	1360	1360	1340	1340	1340	
07.05.87	1370	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1360	1370	1370	1370		
10.06.87	1270	1260	1260	1260	1260	1260	1260	1270	1270	1270	1270	1270	1280	1280	1280	
09.07.87	1210	1190	1190	1190	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1200	1170	1160	1140	1190	
13.08.87	1390	1400	1400	1410	1400	1400	1400	1400	1400	1390	1380	1380	1380	1380	1370	1370
09.09.87	1560	1560	1560	1560	1570	1570	1570	1570	1570	1570	1570	1570	1570	1570	1570	1570
16.10.87	1410	1410	1420	1420	1420	1430	1440	1440	1440	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450
18.11.87	1450	1450	1440	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450	1450
02.12.87	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1520	1520			
27.01.88	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580	1580
23.02.88	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1410	1420	1420	1420	1420	1420	1420	1420	1420
22.03.88	1460	1460	1460	1470	1460	1470	1470	1470	1470	1470	1470	1470	1470	1530	1540	
06.04.88	1430	1430	1430	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1440	1460	1480	
03.05.88	1330	1330	1330	1330	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1340	1320	1320	1330	
02.06.88	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1450
11.07.88	1460	1460	1470	1480	1480	1490	1440	1460	1500	1520	1520	1530	1530	1540	1540	
09.08.88	1580	1570	1570	1570	1570	1580	1580	1580	1580	1580	1570	1570	1560	1560	1590	
06.09.88	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1730	1740	1740	1740
04.10.88	1730	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1670	1660	1650	1650	1650	1650	
08.11.88	1700	1700	1700	1700	1710	1710	1710	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1720
05.12.88	1750	1750	1750	1750	1750	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1760	1770	1770	1770	
21.03.89	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1670	1680	1680	1680	1690	1690
11.04.89	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1660	1670
11.05.89	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1290	1310	1320	1320	1330	1370	1420	
06.06.89	1570	1570	1570	1570	1570	1570	1570	1570	1570	1580	1570	1570	1580	1570	1570	1570
04.07.89	1710	1710	1710	1710	1710	1710	1710	1710	1700	1700	1700	1700	1700	1690	1700	
02.08.89	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1720	1730
12.09.89	1750	1750	1750	1750	1740	1740	1750	1750	1750	1740	1740	1750	1750	1750	1750	
10.10.89	1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810	1810							
07.11.89	1830	1830	1830	1830	1830	1830	1830	1830	1830							
19.12.89	2120	2130	2130	2130	2130	2130	2130	2130	2130							
24.01.90	2270	2270	2270	2270	2270	2270	2270	2270	2260							
21.02.90	1980	1970	1970	1970	1980	1980	1980	1980	1970							
25.04.90	2160	2150	2150	2150	2160	2170	2170	2170	2160	2170	2160	2160	2160	2160	2160	2150
21.05.90	2110	2110	2110	2110	2120	2120	2120	2120	2120	2130	2130	2130	2130	2140	2160	2210
25.06.90	1910	1910	1920	1920	1910	1910	1910	1900	1900	1910	1930	1930	1940	1940	1940	1940
27.07.90	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	
28.08.90	2000	2000	2000	2000	2010	2010	2010	2010	2010	2020	2020	2030	2030	2040	2040	2040
26.09.90	2250	2250	2250	2250	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260	2260
23.10.90	2310	2310	2310	2310	2310	2300	2310	2310	2310	2310	2320	2320	2320	2320	2320	2320
24.01.91	1970															
13.02.91	1860	1850	1860	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850	1850			
13.03.91	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1810	1810	1820	1820	1830	
09.04.91	1810	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1820	1830	1830	1830	1830	1830	1830	1830
07.05.91	1810	1800	1800	1800	1810	1810	1810	1810	1800	1800	1800	1800	1800	1800	1800	
05.06.91	1330	1320	1320	1330	1330	1330	1340	1340	1260	1260	1260	1260	1260	1260	1260	1260
03.07.91	2320	2320	2320	2320	2320	2320	2320	2320	2320	2320	2320	2320	2320	2310	2310	2310
14.08.91	2540	2540	2540	2540	2540	2540	2550	2550	2550	2550	2550	2550	2540	2530		
11.09.91	2680	2670	2680	2690	2680	2660	2660	2660	2680	2700	2700	2740	2810	2830	2930	
08.10.91	2720	2720	2720	2720	2730	2740	2750	2770	2780	2780	2780	2790	2800	2800	2800	
04.11.91	2150	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2140	2130	2130	2130	2130	2130
11.12.91	2310	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2300	2290	2290	2290	2290			

Station 2 - pH de 1987 à 1991

date	0m	1m	2m	3m	4m	5m	6m	7m	8m	9m	10m	11m	12m	13m	14m	15m
19.02.87	7.9	8.0	8.0	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9			
19.03.87	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.1	8.2	8.1	8.1	8.2	8.1	8.2				
15.04.87	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.2							
07.05.87	8.1	8.1	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0			
10.06.87	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1				
09.07.87	7.9	7.9	7.8	7.8	7.8	7.7	7.7	7.7	7.7	7.7	7.6	7.6	7.6			
13.08.87	8.2	8.1	8.1	8.1	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0				
09.09.87	8.4	8.4	8.4	8.4	8.3	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.1			
16.10.87	8.0	8.0	8.0	8.0	8.1	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0					
18.11.87	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1				
02.12.87	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2				
27.01.88	8.4	8.4	8.4	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.2		8.2	
23.02.88	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.3			
22.03.88	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5			
06.04.88	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5			
03.05.88	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.3	8.3			
02.06.88	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.2			
11.07.88	8.8	8.7	8.7	8.7	8.6	8.7	8.6	8.6	8.6	8.5	8.5	8.5				
09.08.88	8.2	8.2	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.2					
06.09.88	8.3	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2					
04.10.88	8.3	8.3	8.3	8.3	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2				
08.11.88	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0					
05.12.88	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2					
21.03.89	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3						
11.04.89	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.5					
11.05.89	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6	8.6				
06.06.89	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.6			
04.07.89	8.8	8.8	8.8	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.7	8.6					
02.08.89	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5			
12.09.89	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1					
10.10.89	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9						
07.11.89	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2						
19.12.89	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3							
24.01.90	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3							
21.02.90	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2							
25.04.90	8.6	8.6	8.5	8.5	8.5	8.5	8.5	8.4	8.4	8.4	8.4	8.3				
21.05.90	8.5	8.3	8.3	8.2	8.2	8.2	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.0	7.9			
25.06.90	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.6	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5				
27.07.90																
28.08.90																
26.09.90	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1					
23.10.90																
24.01.91	8.2															
13.02.91	8.2	8.1	8.1	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2							
13.03.91	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1							
09.04.91	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3							
07.05.91	8.0	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9	7.9								
05.06.91	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	8.1	7.7							
03.07.91	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	8.0	7.9	7.9	7.9							
14.08.91	8.2	8.2	8.2	8.2	8.2	8.1	8.1	8.2								
11.09.91	8.4	8.5	8.5	8.5	8.4	8.4	8.4	8.4								
08.10.91	8.4	8.4	8.3	8.2	8.3	8.4	8.4	8.4								
04.11.91	8.2	8.2	8.2	8.0	8.1	8.2	8.2									
11.12.91	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3	8.3							

ANNEXE 3

Carte géologique



- 1²: Charmoutien
- a²: alluvions modernes
- a^{1b}: miplagien
- 1^{2b}: sinémurien supérieur marneux
- a^{1d1}: monastérien

ANNEXE 4

Dates des arrêts des tranches du CNPE de Cattenom

**ARRET DES TRANCHES DU C.N.P.E. DE
CATTENOM**

TRANCHE N°1

ARRET DU:	AU:	OBSERVATIONS
28.Avr.87	20.Mai.87	
18.Sep.87	30.Oct.87	
1.Avr.88	13.Sep.88	déchargement
25.Fév.89	4.Mar.89	
30.Avr.89	12.Mai.89	
17.Juillet.89	5.Nov.89	déchargement
10.Fév.90	22.Mar.90	
15.Déc.90	2.Nov.91	déchargement

TRANCHE N°2

ARRET DU:	AU:	OBSERVATIONS
2.Oct.87	14.Oct.87	
14.Jan.88	21.Jan.88	
19.Mar.88	27.Mar.88	
17.Sep.88	28.Sep.88	
4.Mar.89	11.Jan.90	déchargement
7.Juillet.90	4.Sep.90	
2.Mar.91	31.Mai.91	déchargement

TRANCHE N°3

ARRET DU:	AU:	OBSERVATIONS
21.Oct.90	18.Déc.90	
26.Jui.91	10.Aoû.91	
18.Jan.92	21.Avr.92	déchargement

TRANCHE N°4

ARRET DU:	AU:	OBSERVATIONS
13.Juin.91	21.Juillet.91	
26.Oct.91	12.Déc.91	

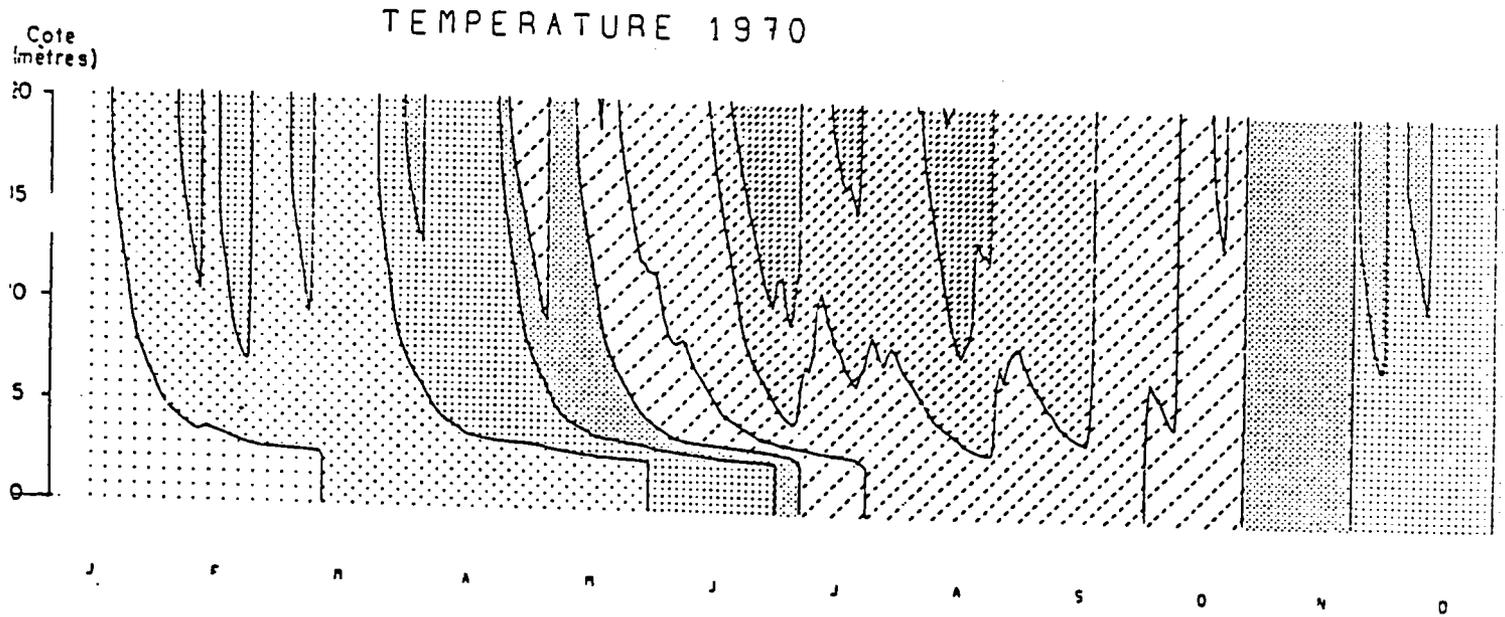
ANNEXE 5

Simulation des températures

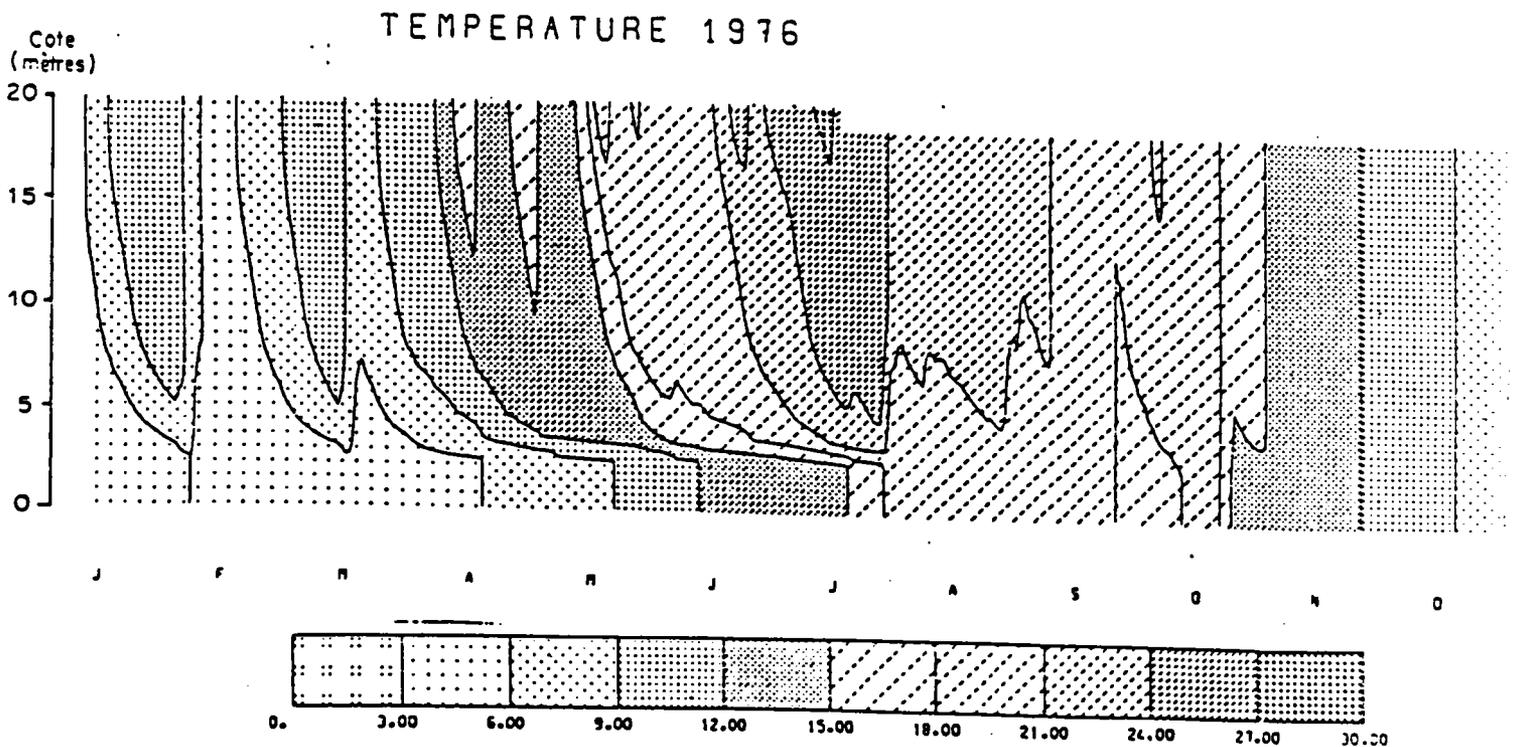
J.P. ALBIGNAT

CENTRALE DE CATTENOM
ETUDE DE LA QUALITE DES EAUX
DE LA FUTURE RETENUE DU MIRGENBACH

1970 Simulation avec déversement des purges dans la retenue
et soutirage à la cote 8.25 mètres



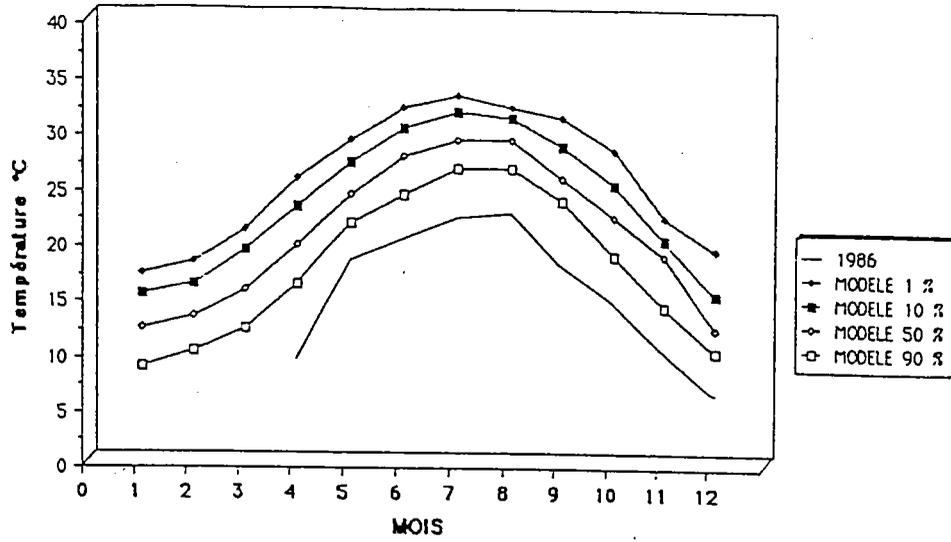
1976 Simulation avec déversement des purges dans la retenue
et soutirage à la cote 8.25 mètres



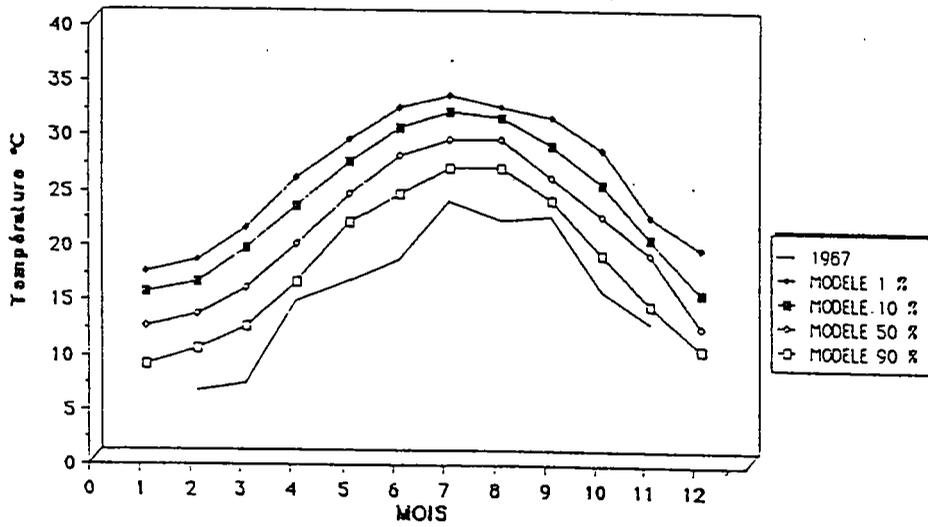
ANNEXE 6

**Comparaison des températures entre les données de la modélisation et
celles du réservoir du Mirgenbach**

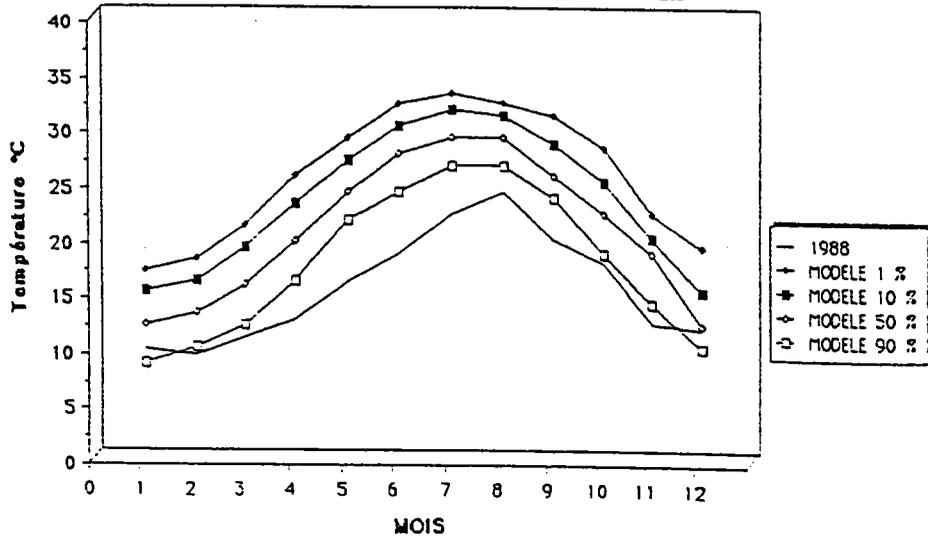
**COMPARAISON DES TEMPERATURES ENTRE
MODELISATION ET 1986 MIRGENBACH**



**COMPARAISON DES TEMPERATURES ENTRE
MODELISATION ET 1987 MIRGENBACH**



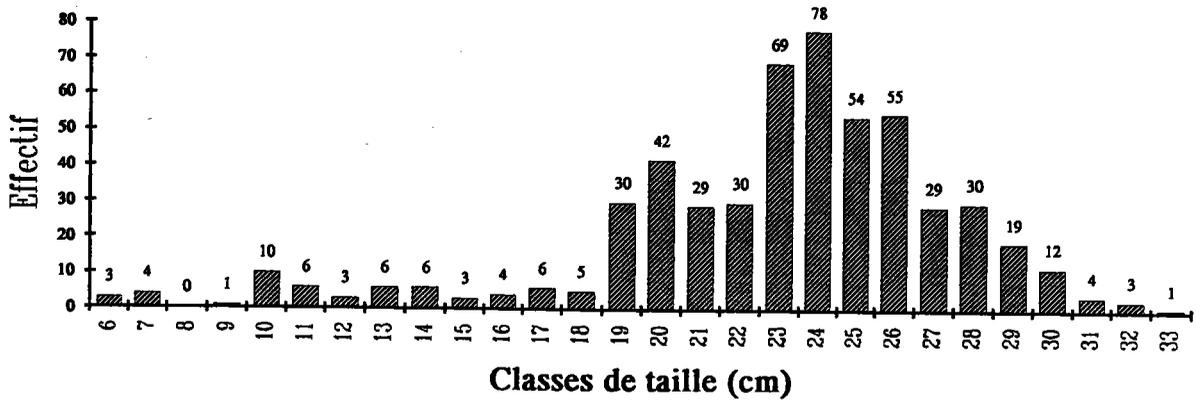
**COMPARAISON DES TEMPERATURES ENTRE
MODELISATION ET 1988 MIRGENBACH**



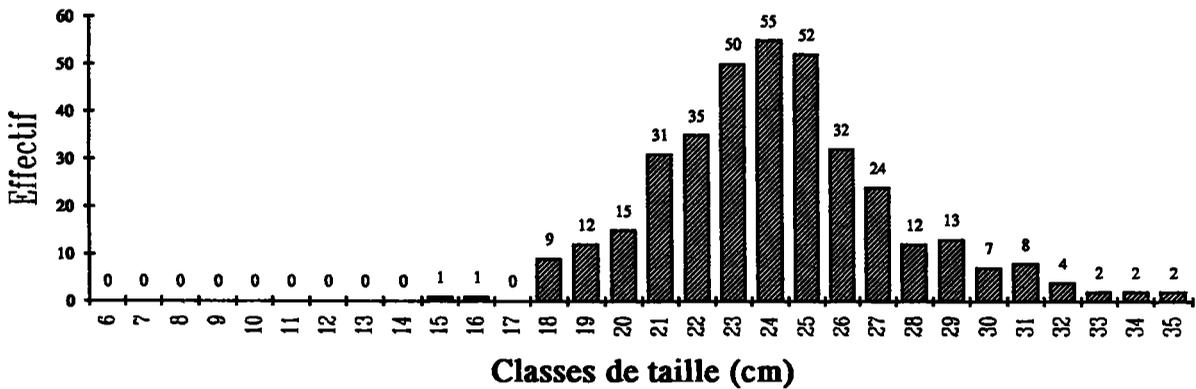
ANNEXE 7

**Distribution de fréquence de taille de la perche pêchée dans le réservoir
du Mirgenbach en fonction des années**

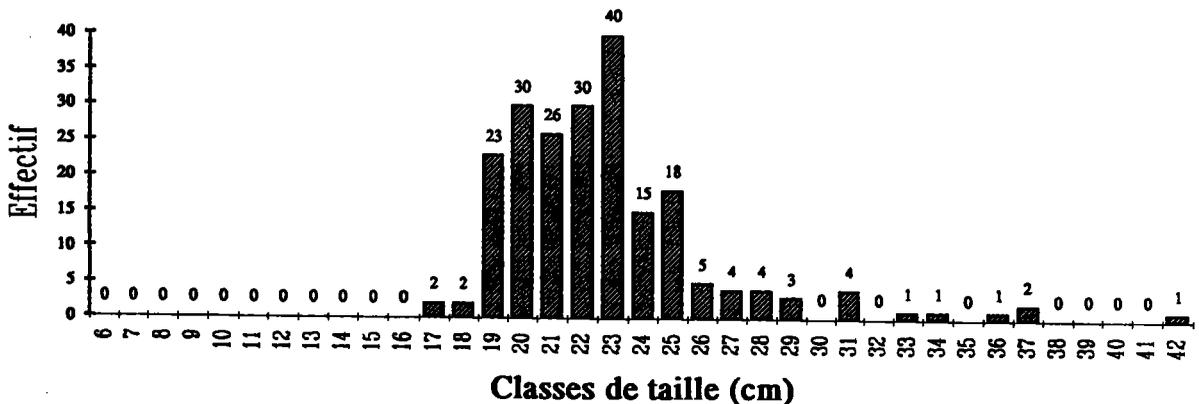
Histogramme de classes de taille de la perche 1987
engins de capture confondus (Pêche électrique et filets maillants traditionnels)



Histogramme de classes de taille de la perche 1988
engins de capture confondus (Pêche à la ligne et filets maillants traditionnels)

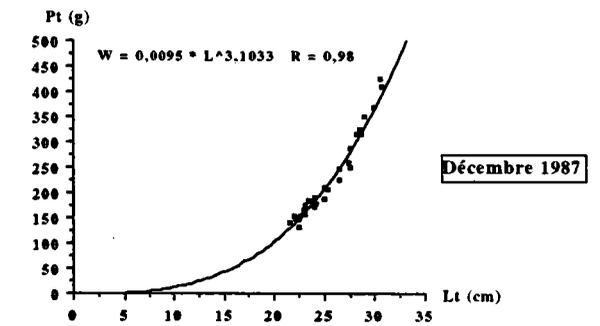
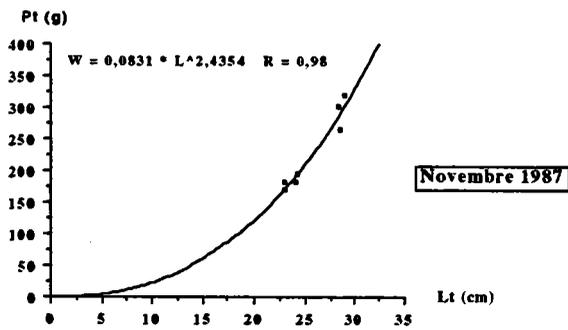
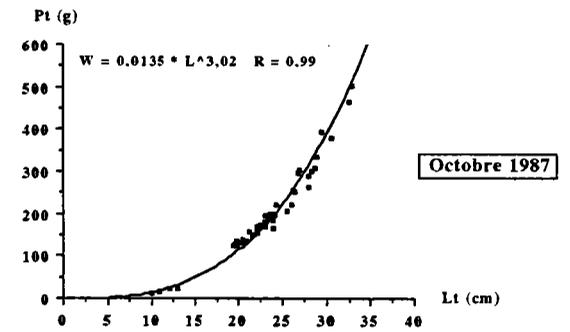
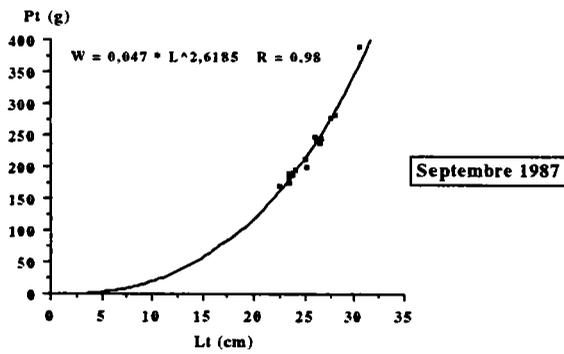
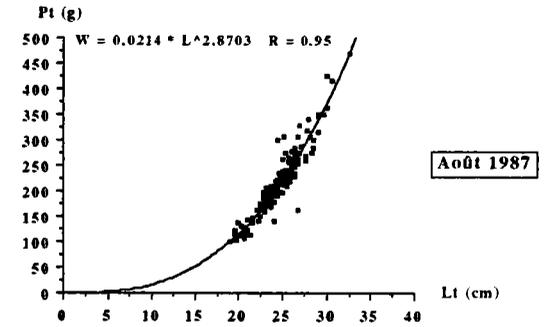
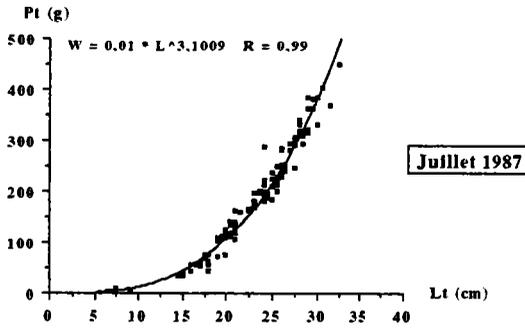
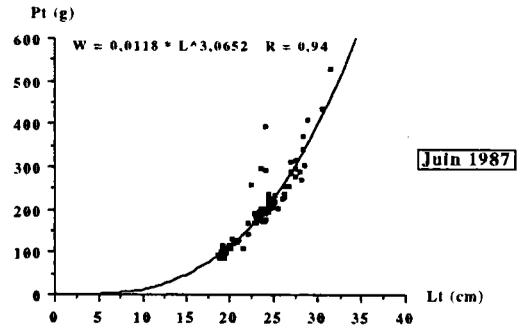
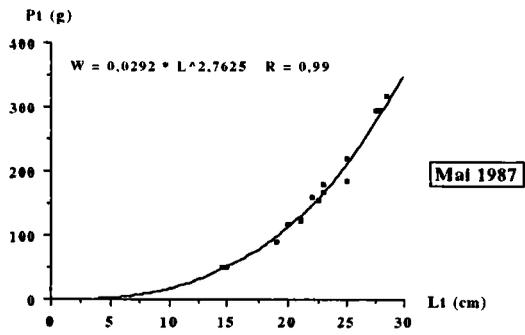


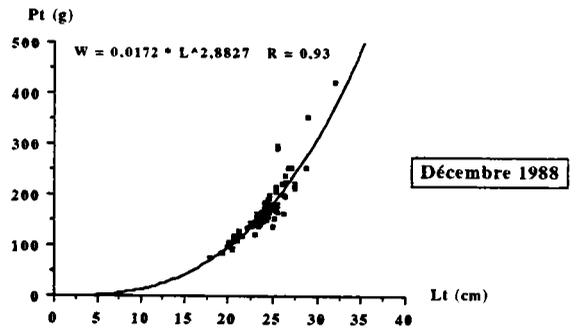
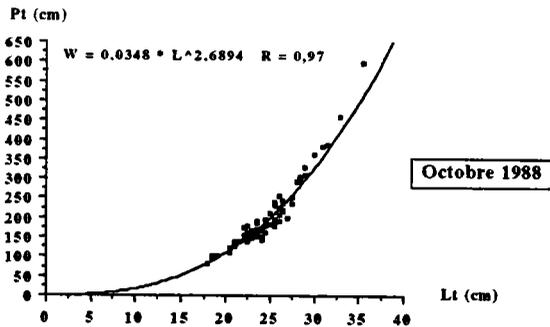
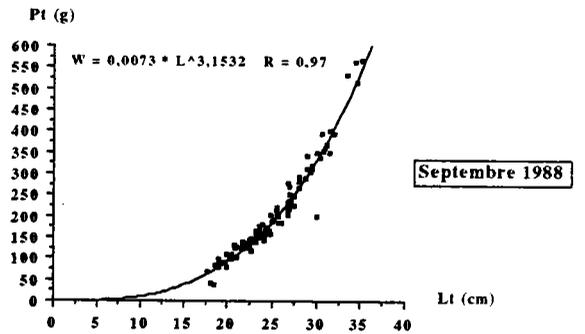
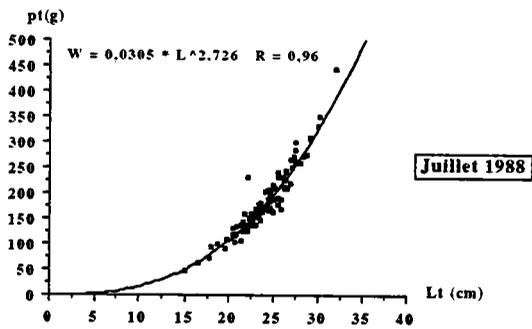
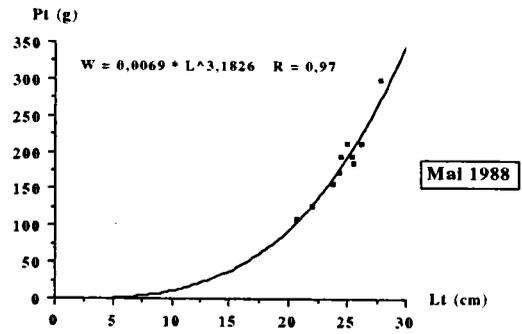
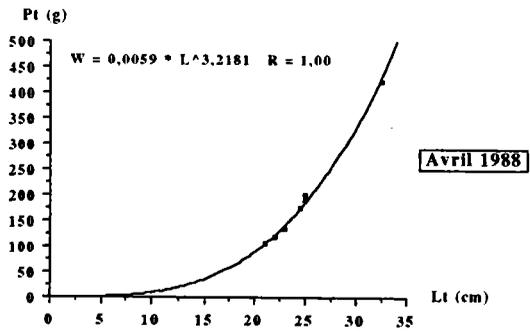
Histogramme de classes de taille de la perche 1989
engins de capture confondus (Pêche à la ligne et filets maillants traditionnels)

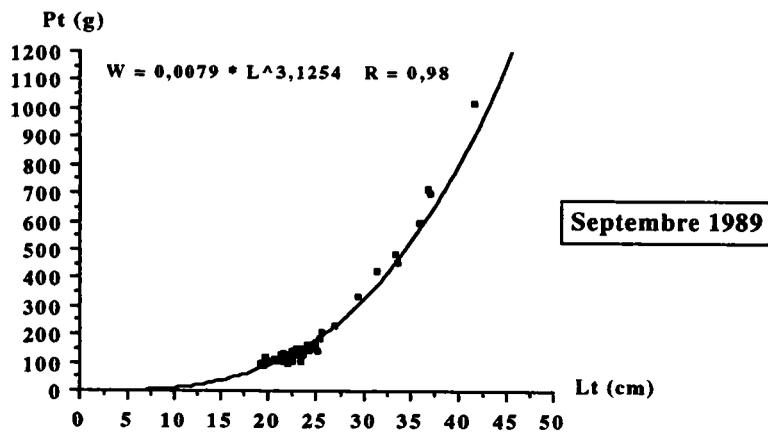
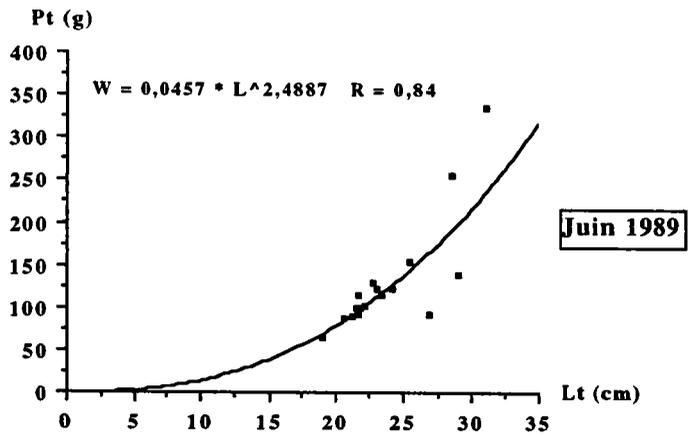
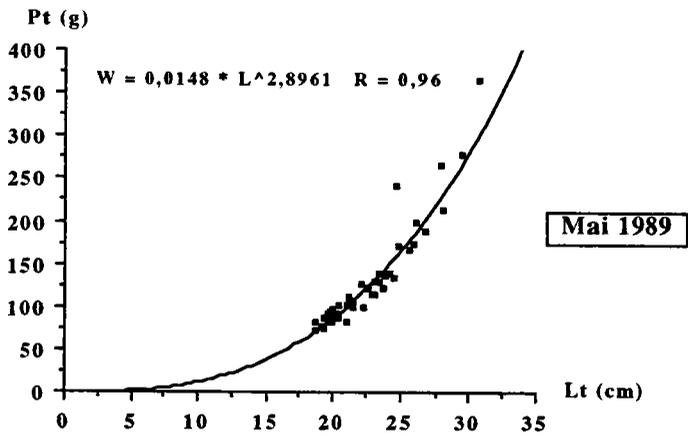
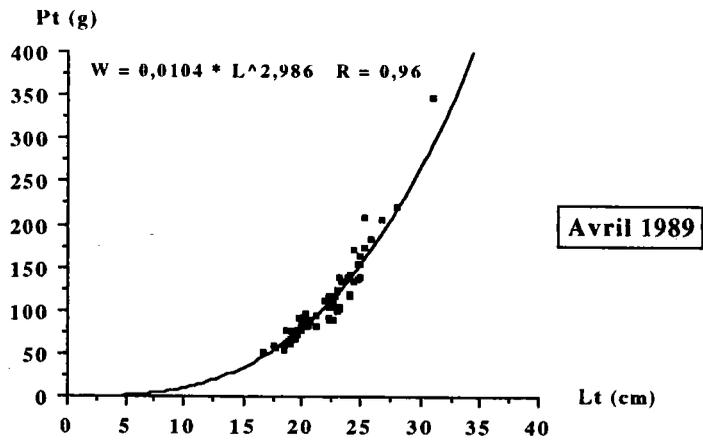


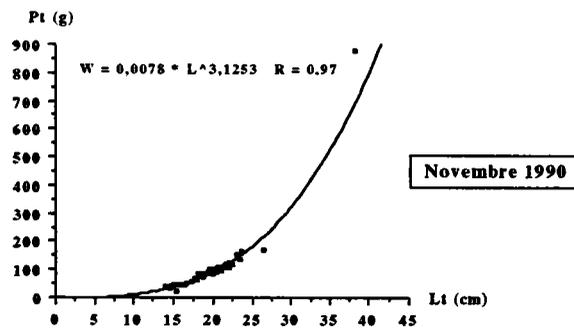
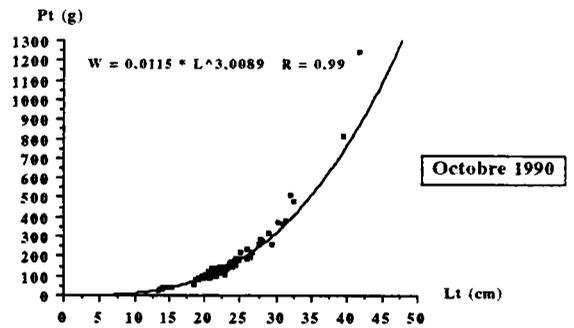
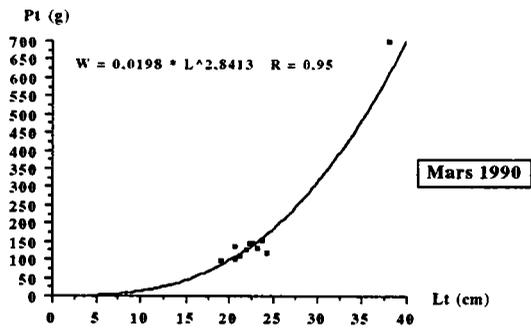
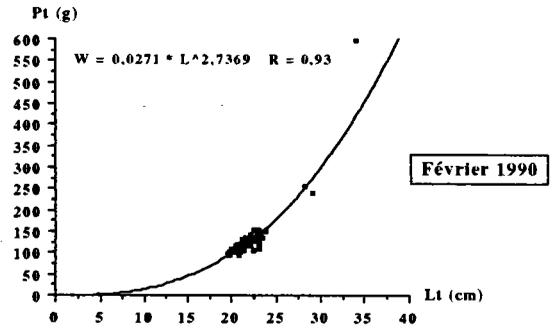
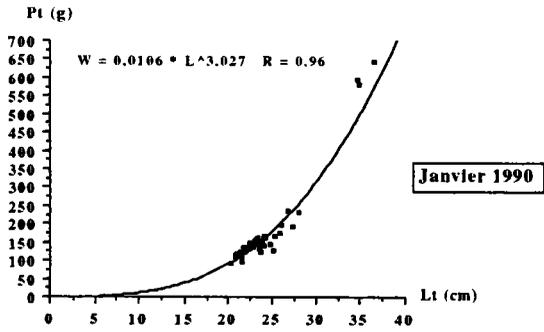
ANNEXE 8

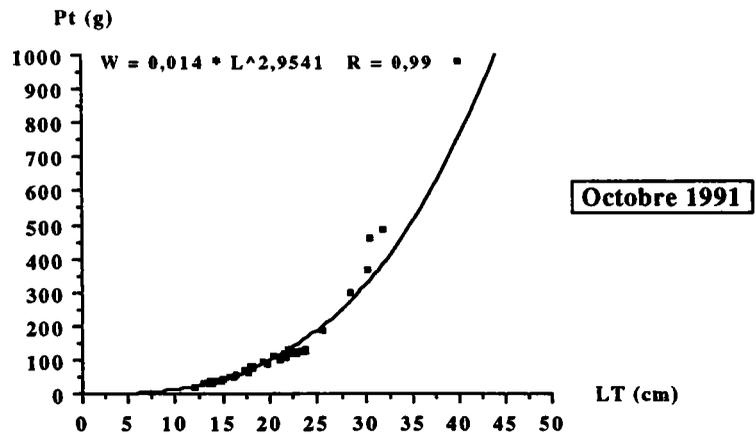
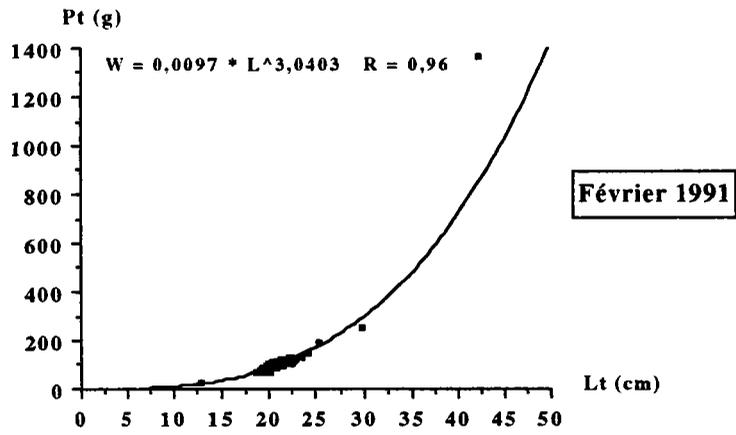
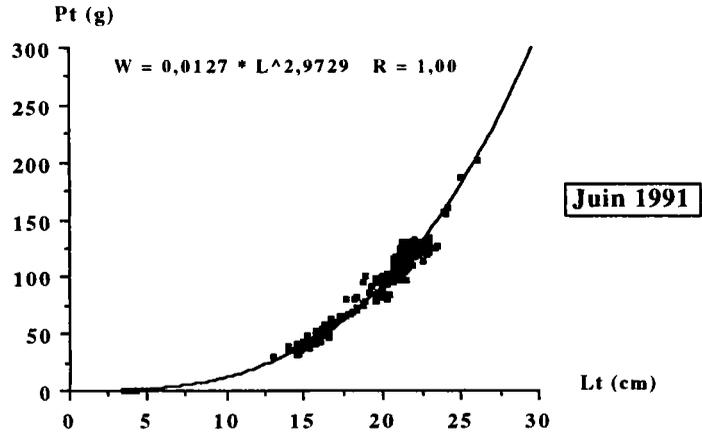
**Relations taille-poids mensuelles de la perche capturée dans le réservoir
du Mirgenbach**











ANNEXE 9

**Questionnaire proposé aux pêcheurs sportifs du réservoir du
Mirgenbach**

QUESTIONNAIRE

FICHE DE REPONSE INDIVIDUELLE

I. Généralités

1. Comment avez-vous connu l'existence du plan d'eau et de la pêche?

-par hasard

-par des amis pêcheurs, des collègues de travail, des amis

-autre

2. A combien de km du plan d'eau habitez-vous?

3. Pêchez-vous d'habitude

-en rivière

-en plan d'eau

-indifférent

4. Depuis combien de temps êtes-vous pêcheurs?

-moins de 1an

-1an à 5ans

-5ans à 10ans

-> 10ans

5. Pêchez-vous seul ou avec des amis?

Combien de pêcheurs ensemble:

II . Jours de pêche

1. Depuis quand venez-vous au Mirgenbach?

-1990

-1991 quels mois:

2. Fréquence des venues:

* en semaine

lundi

mardi

mercredi

jeudi

vendredi

*le week-end

samedi

dimanche

*période de pêche

aube

matin

midi

après-midi

soir

autre

*durée de la pêche (en heures):

*fréquence des venues

par semaine:

par mois:

autres:

III. Lieux de pêche

1. Endroit de pêche sur la carte

2. Combien y-a t'il de pêcheurs à proximité en général?

3. Pourquoi ce choix d'endroit?

-facilité d'accès ° à pied
 ° en voiture

-tranquillité, isolement

- compagnie, retrouver d'autres pêcheurs

-abri du vent

-pente douce

-sécurité du site et de la rive

-profondeur du site pour la pêche

IV. Engins de pêche

1. Type de ligne

- carnassier
- blanc
- autres

2. Type d'appât

- leurre
- vif
- autre:

3. Combien d'engins utilisez-vous?

V. Espèces pêchées

1.liste	quelle espèce	nb/ j	L moy.	P moy.
	perche			
	brochet			
	sandre			
	gardon			
	carpe			
	tanche			
	brème			
	autre:			

2.Rejetez-vous des poissons?

avez-vous pêché du poisson marqué?

3. Avez-vous remarqué une évolution du nombre de capture

4. Capture des poissons (toutes espèces confondues)

- estimation de la longueur moyenne/ j
- estimation du poids moyen/ j
- quelles sont vos plus belles prises?

Auteur: FLESCH Anne

Année: 1994

TITRE: Biology of the Perch (*Perca fluviatilis* L.) in the Mirgenbach reservoir (Cattenom, Moselle).

Abstract

The Mirgenbach Reservoir created by pumping water from the river Moselle in 1985 is a safety reservoir and a buffer zone for the Cattenom nuclear power plant (Moselle, North-East France). With its maximum depth of 20 meters, this reservoir is characterized by its heated waters and the absence of a thermo-stratification. It is an ecological study of this lake-reservoir which contributes to the knowledge of the fish population and the demography of an initially dominant species: the perch, *Perca fluviatilis*.

From 1987 to 1991, various fishing techniques were employed on the Mirgenbach lake-reservoir. Two kinds of gill nets were used: traditional nets and vertical ones which took samples from the water surface to the bottom. A set of vertical nets were immersed in stations during fishing sessions spread along the year. Among the various fishing gears used, vertical gill nets turned out to be the best sampling device for the analysis of the perch demography.

The analysis of catches thanks to these various fishing gears enabled us to know its location and its evolution in the lake-reservoir. All in all, 18 fish species were identified with a majority of perch (*Perca fluviatilis*), roach (*Rutilus rutilus*) and common bream (*Abramis brama*). The multiple correspondence analysis led us to distinguish several groups of stations, each having its own species. The sampled fish with traditional and vertical gill nets as well as angling enabled us to know the selectivity of each device and to study the demographic structure evolution. The number of catches has decreased dramatically within this period. The seasonal repartition of the species in the reservoir was studied is an annual cycle with vertical gill nets. The best catches of this carnivorous fish were made in summer, except in a littoral station close to a spawning area before reproduction period. The vertical distribution of this species varies according to bathymetry. The perches were found mostly at the bottom of the stations closest to the shore and from the bottom to the surface in the pelagic stations.

The reproductive study of the perch is based upon weight index and the maturity stage index. Age is identified by the application of scalimetric and operculometric methods. The two corresponding structures can be used equally to describe the perch growth. In the Mirgenbach Reservoir, the reproduction of the perch takes place from mid-March to mid-April. Perch may spawn since the end of February. Spawning period takes place precociously one month earlier than in other ponds of the Region Lorraine. Males are mature at one year old and females at two years, with an intermediate fecundity for almost fish. In comparison with others lakes, the perch growth is faster in the Mirgenbach Reservoir: it reaches 12 cm at one year. This growth speed depends upon the very good thermal conditions and a better availability of food resources with the decreasing of its population. Digestive contents are analyzed to study the diet of perch. *Perca fluviatilis* fed on Crustacean with a selective predation on the Cladocera *Daphnia longispina*, Insects mostly Chironomes larvae and nymphes, Molluscs Gasteropodes and Fish such as roach (*Rutilus rutilus*), ruffe (*Gymnocephalus cernua*). Cannibalism occurs within perch in the reservoir. Nevertheless, diet depends upon sex and perch length and also seasons.

A bibliographic review and a discussion on this study on this Mirgenbach Reservoir enables us to compare our results to others.

Key-Words: Percidae, *Perca fluviatilis*, samplings, eutrophic heated lake, distribution, growth, reproduction, feeding.

Auteur: FLESCH Anne

Année: 1994

TITRE: Biologie de la perche (*Perca fluviatilis* L.) dans le réservoir du Mirgenbach (Cattenom, Moselle).

Résumé

Le lac-réservoir du Mirgenbach, créé par pompage des eaux de la rivière Moselle en 1985, constitue une réserve de sécurité et un milieu tampon pour la centrale électronucléaire de Cattenom (Moselle, Nord-Est de la France). Ce réservoir, de 20 mètres de profondeur maximale, se caractérise par ses eaux échauffées, par l'absence de stratification thermique et par une conductivité élevée. L'étude s'inscrit dans l'analyse du fonctionnement écologique de cette retenue. Elle contribue à la connaissance, d'une part, du peuplement ichtyologique (composition et évolution), et d'autre part, de la démographie de l'espèce initialement dominante, la perche (*Perca fluviatilis*).

De 1987 à 1991, différentes techniques de capture passives et actives sont employées. Les filets maillants utilisés sont des filets horizontaux ou des filets verticaux qui échantillonnent dans l'ensemble de la colonne d'eau. Les séries de filets verticaux sont immergées en des stations au cours de campagnes réparties sur un cycle annuel. Au terme de cette étude, parmi les différents engins de capture employés, les filets maillants verticaux se révèlent être le meilleur outil de sondage passif pour l'étude de la démographie de la perche.

L'exploitation des captures au moyen de ces différentes techniques de pêche permet de connaître la distribution spatio-temporelle du peuplement dans le lac-réservoir. Au total, 18 espèces de poissons sont recensées avec une très nette dominance de la perche (*Perca fluviatilis*) au début de l'étude, ensuite associée au gardon (*Rutilus rutilus*) et à la brème commune (*Abramis brama*). Grâce à une analyse multivariée effectuée sur les captures issues des filets maillants verticaux, les résultats permettent de distinguer plusieurs groupes de stations littorales et pélagiques se caractérisant par la structure de leur peuplement. Les perches échantillonnées au moyen des filets maillants traditionnels ou verticaux ainsi qu'à la pêche à la ligne permettent de connaître la sélectivité par engin et d'étudier l'évolution de la structure démographique. Il est noté sur ces années consécutives un déclin des captures de perche dont les causes sont anthropiques ou environnementales. La répartition saisonnière de l'espèce au sein de la masse d'eau est décrite au cours d'un cycle annuel avec les filets maillants verticaux. Les plus fortes prises de ce carnassier sont obtenues en période estivale, à l'exception d'une station de rive proche d'une frayère avant la reproduction. La distribution verticale de l'espèce varie selon la bathymétrie. Les perches sont surtout présentes au fond des stations les plus littorales et réparties dans la colonne d'eau dans les stations pélagiques.

L'étude de la reproduction de la perche repose principalement sur l'utilisation d'indices pondéraux et de stades de maturité. L'âge est identifié grâce à l'application des méthodes scalimétriques et operculométriques. Les deux structures osseuses correspondantes sont exploitables indifféremment pour décrire la croissance de la perche. La reproduction de *Perca fluviatilis* se déroule de mi-mars à mi-avril dans le réservoir du Mirgenbach. Pour certains individus, le frai débute dès fin février; la période de ponte est décalée précocément environ d'un mois par rapport aux autres étangs de la région Lorraine. Les mâles sont matures à 1 an et les femelles à 2 ans avec une fécondité moyenne pour la majorité des individus. Par rapport aux autres milieux, la croissance de la perche est rapide dans le réservoir du Mirgenbach; l'espèce atteint dès 1 an une taille de 12 cm. Cette croissance est à mettre en parallèle avec les bonnes conditions thermiques du milieu ainsi qu'avec une meilleure disponibilité alimentaire pour les perches avec la diminution de sa population. Les contenus digestifs de la perche sont examinés pour l'étude de son régime alimentaire. *Perca fluviatilis* se nourrit de Crustacés (avec une prédation sélective sur le Cladocère *Daphnia longispina*), d'Insectes (essentiellement des larves et nymphes de Chironomes), de Mollusques gastéropodes et des Poissons comme le gardon, la grémille (*Gymnocephalus cernua*) et la perche attestant de cas de cannibalisme au sein du réservoir. Cependant, la composition de l'alimentation varie en fonction du sexe et de la taille des perches et également en fonction des saisons.

Une synthèse bibliographique de l'espèce et une discussion générale à l'issue de ce travail sur le réservoir du Mirgenbach permettent de comparer nos résultats avec ceux d'autres milieux.

Mots-clés: Percidé, *Perca fluviatilis*, échantillonnage, lac échauffé eutrophe, distribution, croissance, reproduction, alimentation.

