Zeitschrift: Bulletin de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles

Band: 86 (1998-1999)

Heft: 4

Artikel: La palée du lac de Joux : statistiques de pêche des reproducteurs : âge, croissance et fécondité

Autor: Naceur, Najla / Büttiker, Bernard

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-281127

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 13.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Bull. Soc. Vaud. Sc. Nat. 86.4: 273-296. ISSN 0037-9603

La palée du lac de Joux: statistiques de pêche des reproducteurs; âge, croissance et fécondité

par

Najla NACEUR[1] *et Bernard BÜTTIKER*[1]

Abstract.–NACEUR N., BÜTTIKER B., 1999. The «palée» of the Lake de Joux: breeders' fishing statistics; age, growth and fertility. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 86.4*: 273-296.
The population of the whitefish *Coregonus palaea* (local name: «palée») of Lake Joux has been monitored from 1980 to 1996. This study has shown that whitefish population strength and harvest follow cyclic variations. The length of the cycles is about 7 years. More or less distinct annual variations can be observed for age, length and weight structures. Productivity of whitefish population tends to decrease since the beginning of the investigations. In the same time, the annual variations have also decreased. This reduction of productivity may possibly be an effect of the algae *Oscillatoria rubescens* or intraspecific competition.

This study reveals that management of the whitefish should tend to exploit fish up to an age of about four years. Mesh size should therefore be chosen for an optimal exploitation of 3 to 4 years old fish.

Résumé.–NACEUR N., BÜTTIKER B., 1999. La palée du lac de Joux: statistiques de pêche des reproducteurs; âge, croissance et fécondité. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 86.4*: 273-296.
Un suivi des populations du corégone *Coregonus palaea* (nom local «palée») du lac de Joux a été effectué entre 1980 et 1996. Cette étude a permis de mettre en évidence une évolution cyclique de la population de palées et, en conséquence, du rendement piscicole. La durée des cycles est de 7 ans environ. Des variations annuelles plus ou moins marquées dans les structures d'âge, de longueur et de poids ainsi qu'au niveau de la fécondité des palées ont été observées. La productivité de la population de palées semble avoir globalement diminué, mais, parallèlement, elle est devenue moins variable d'une année à l'autre. Les causes possibles de cette baisse de productivité sont discutées, comme l'influence de l'algue *Oscillatoria rubescens* ou encore des phénomènes de compétition intraspécifique.

[1]Centre de conservation de la faune et de la nature, chemin du Marquisat 1, 1025 St-Sulpice
E-mail : najla.naceur@sffn.vd.ch / bernard.buttiker@sffn.vd.ch

CODEN: BSVAA6

© Société vaudoise des Sciences naturelles
Droits de reproduction réservés

Il ressort de cette étude à long terme que, pour la gestion piscicole, il serait important de ne pas laisser vieillir les poissons au delà de 4 ans environ. La dimension des mailles des filets doit donc être choisie de manière à axer le principal effort de pêche sur les individus de 3 et 4 ans.

1. Introduction

Depuis 1980, la Conservation de la faune du canton de Vaud développe un programme de recherche visant à gérer de manière optimale la pêche professionnelle dans le lac de Joux. La palée, qui occupe une position clé dans la pêche professionnelle de ce lac constitue, avec la perche, l'espèce cible de ce programme. Au début de l'étude, le lac de Joux comptait trois exploitations de pêche. A partir de 1993 il ne restait plus que deux exploitations (le troisième pêcheur professionnel ayant été titulaire d'un «permis restreint», donnant le droit à la moitié des engins de pêche, de 1986 à 1992). Le faible nombre d'exploitations a permis d'extrapoler avec une grande fiabilité les résultats des suivis scientifiques à l'ensemble de la pêcherie.
De 1980 à 1996, Madame B. Lang a effectué un suivi des populations de palées et de perches du lac de Joux (Lang 1981, 1984, 1988, 1993, 1995, non publiés) en axant principalement ses recherches autour des trois points suivants:

- –interprétation des statistiques de la pêche de reproducteurs de palées;
- –acquisition de données biologiques de base sur ces espèces: âge, croissance, fécondité;
- –mise au point de méthodes simples pour suivre l'évolution des paramètres clés des populations de poissons, à savoir l'abondance des cohortes et leur croissance.

Le présent article, consacré à la palée du lac de Joux, tente de faire la synthèse des principaux résultats obtenus par B. Lang entre 1980 et 1996.

2. Matériel et méthodes

2.1. *Glossaire*

Cohorte: désigne l'année de naissance d'une génération de palées. Dans ce travail, nous prenons en compte la date d'éclosion, qui se fait au début de l'année (alors que la ponte a lieu à la fin de l'année précédente). Par exemple, la cohorte 1981 comprend les individus issus d'œufs pondus en 1980 et éclos en 1981.

Classe d'âge: tous les poissons nés une même année. Par exemple, un poisson issu de la ponte 1980 appartient à la classe d'âge 0^+ en 1981, 1^+ en 1982 et 2^+ en 1983.

Filet multimaille: filet de différentes dimensions de mailles destiné à des prélèvements pour des études piscicoles.

Recrutement: entrée des poissons dans l'exploitation de pêche (=pêcherie) suite à leur accroissement.

Scalimétrie: méthode de détermination de l'âge fondée sur la lecture et le dénombrement des zones d'accroissement (annuli) observées sur les écailles des poissons (Bagliniere et Le Louarn 1987).

Statistiques de pêche: dans ce travail, il s'agit de la pêche professionnelle seule, en principe pour le lac de Joux seul. Cependant, certains pêcheurs n'ont pas indiqué leurs prises pour le lac de Joux et le lac Brenet séparément. L'erreur qui en résulte est toutefois négligeable.

2.2. *Le lac de Joux*

Le lac de Joux est situé dans le Jura suisse, à 1001 m d'altitude. Ses coordonnées sont 46°37' de latitude N et 6°17' de longitude E. Il couvre une surface de 8.70 km^2, avec 9 km de longueur, 1.2 km de largeur maximale et 24 km de longueur de rive. Sa profondeur maximale est de 32 m, sa profondeur moyenne de 15.2 m et son volume moyen de $132 \cdot 10^6$ m^3.

L'état chimique et biologique du lac de Joux a déjà fait l'objet de plusieurs publications: BOSSET (1981), DE HEER (1984), JUNGO (1984), LANG et REYMOND (1994), LANG *et al.* (1998), SEPE et SFFN (1995). Grâce aux nombreuses mesures prises dans le bassin versant (amélioration des stations d'épuration et des réseaux d'eau, agrandissement des fosses à purin des exploitations agricoles, traitement des rejets industriels, assainissement des garages, etc.), la qualité chimique et biologique du lac s'améliore progressivement. De plus, avec l'interdiction en 1986 des phosphates dans les produits de lessive en Suisse, le phosphore, qui constitue la cause principale de la dégradation du lac de Joux entre 1950 et 1980, a nettement diminué, atteignant une valeur moyenne de 0.013 mg/l en 1994 (SEPE et SFFN 1995) contre 0.03 mg/l en 1982 (JUNGO 1984). Cette tendance à l'amélioration s'est toutefois inversée entre 1994 et 1997 où une nouvelle augmentation des teneurs en phosphore a été constatée (LANG *et al.* 1998).

2.3. *La palée du lac de Joux*

Il ressort des remarques faites par COMBE (1935, 1943) que la palée (*Coregonus palaea* d'après KOTTELAT 1997) n'était pas présente à l'origine dans le lac de Joux. Selon PORCHET (1947), son l'introduction a été faite dès 1945 par des repeuplements effectués à partir du Léman. Les corégones originaux du Léman, la «gravenche» et la «féra», étaient considérés comme disparus et venaient d'être remplacés par des souches d'origine diverse, mais essentiellement la palée originaire du lac de Neuchâtel. La palée du lac de Joux est donc vraisemblablement proche de celle du lac de Neuchâtel, mais il n'est pas exclu que le «transit» de cette souche par les eaux du Léman l'ait mélangée à d'autres souches.

L'idée d'introduire des corégones dans le lac de Joux remontait alors à plusieurs années, comme le rapporte S. Combe en 1935, dans un article consacré à la pêche dans le canton de Vaud: «*Les corégones font défaut dans le lac de Joux. Rien ne prouve qu'ils n'y prospéreraient pas, mais leur introduction se heurte à d'énormes difficultés. En effet, durant la période d'éclosion en plaine, le lac est gelé. D'autre part, il n'est guère possible d'amener des corégones adultes à la surface sans les faire périr, surtout dans la saison chaude où leur transfert dans le lac de Joux serait possible. Si le problème n'est pas insoluble, il est en tous cas malaisé*». Aujourd'hui, la palée constitue l'essentiel des prises commercialement exploitées.

Les publications les plus récentes consacrées à la palée du lac de Joux sont celles de BÜTTIKER (1986) et LANG et LANG (1986).

2.4. *Protection de la palée*

La pêche du lac de Joux est actuellement régie par le Règlement du 7 juin 1985 sur la pêche dans les lacs de Joux, Brenet et Ter; la dernière mise à jour de ce règlement date de 1998. La protection du poisson est assurée par trois dispositions particulières: la taille minimale de capture, les mailles des filets et la période de protection. En ce qui concerne la palée, ces dispositions sont les suivantes:

2.4.1. *Taille minimale de capture*

La longueur minimale de capture de la palée est fixée à 30 cm (longueur totale, mesurée de la pointe du museau à l'extrémité des lobes de la nageoire caudale naturellement déployée).

2.4.2. *Filets et mailles des filets, périodes de protection*

La palée du lac de Joux est presque exclusivement pêchée au moyen de filets maillants, par les pêcheurs professionnels. Les filets utilisés ne doivent pas avoir plus de 120 m de long et plus de 2 m de haut. Depuis le début des années 1960, la pêche de la palée est basée sur des filets de fond de 45 mm de maille. Dès 1984, l'usage de filets flottants a été autorisé de mi-juin à fin septembre (puis mi-octobre), afin d'améliorer le rendement de la pêche professionnelle. La dimension des mailles du filet flottant était de 50 mm au début. Elle a été abaissée à 45 mm dès 1996 et à 44 mm dès 1999.

La période de protection de la palée s'étend du 1er novembre au 15 décembre.

Afin d'améliorer le rendement de la palée, une pêche exceptionnelle de reproducteurs est effectuée depuis 1960 entre le 15 novembre et le 15 décembre, dès qu'il est constaté que les géniteurs sont mûrs. Cette pêche permet de récolter des œufs qui sont artificiellement fécondés. Les jeunes palées sont introduites dans le lac au stade d'alevins.

Depuis 1973, chaque pêcheur peut utiliser jusqu'à 6 filets par jour pour la pêche des reproducteurs. Si le nombre de filets autorisés pendant la pêche des reproducteurs est inchangé depuis près de 30 ans, la dimension des mailles a été ajustée afin d'optimiser la récolte des œufs en fonction de la présence de géniteurs dans le lac. Ainsi, la dimension minimale des mailles autorisée était de 45 mm pour la période 1973-1980. Elle a été élevée à 50 mm de 1980 à 1985. A partir de 1986, il était permis d'utiliser 2 filets de 45 mm de maille au minimum pour les captures de géniteurs, les 4 autres devant être de 50 mm de maille au minimum. Enfin, le nombre maximum de filets flottants de 45 mm de maille au minimum a été élevé à 3 en 1996 et 1997 et à 4 en 1998.

2.5. *La pêche de la palée dans le lac de Joux*

2.5.1. *Statistiques*

Les statistiques annuelles de pêche indiquent le poids des palées capturées par les pêcheurs professionnels de 1959 à 1998 (figure 1).

Des statistiques journalières ont de plus été établies par un pêcheur témoin, Monsieur J.-D. Meylan, durant la période 1981-1987. Ce dernier a indiqué ses captures au jour le jour, exprimées en nombre d'individus et en poids par type de filet. Ces données ont permis de calculer le poids moyen des poissons, l'effort de pêche exprimé en nombre de filets exposés par unités de 12 heures, ainsi que le rendement de la pêche exprimé en nombre d'individus par effort de pêche (CPUE, *catch per unit effort*). Ces statistiques spéciales ont permis de déterminer, pour l'ensemble des pêcheurs professionnels:

–le rendement moyen mensuel: nombre d'individus capturés par type de filet et par effort, calculé sur la base de 10 à 30 valeurs moyennes journalières.

–l'effort de pêche mensuel total: rapport entre le nombre total de poissons capturés mensuellement et le rendement moyen de deux filets de différentes mailles (45 mm et 50 mm) du pêcheur témoin.

C'est à partir de ces données très précises des années 1981-1987 que des modèles ont été développés afin d'estimer les valeurs pour l'ensemble de la période d'étude.

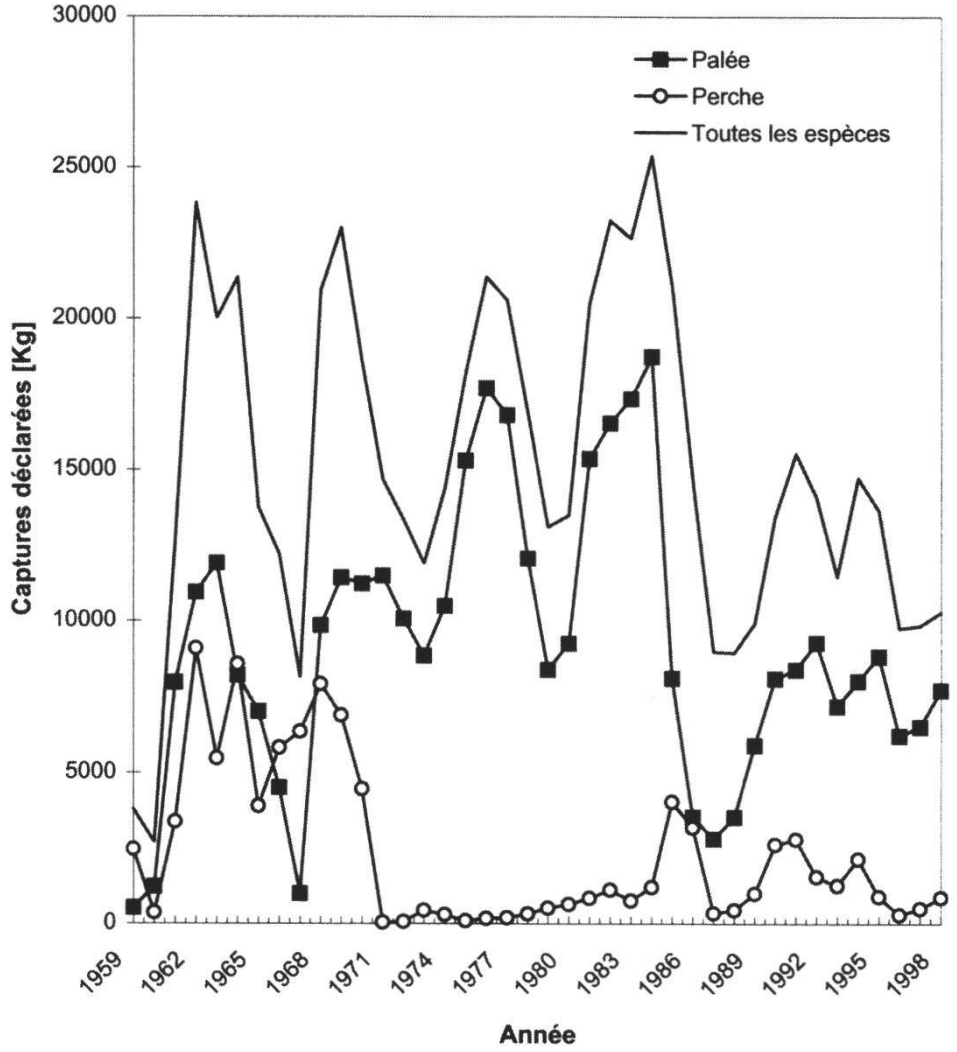


Figure 1.–Evolution des captures par pêche professionnelle de la palée, de la perche et de toutes les espèces confondues dans le lac de Joux de 1959 à 1998.

2.5.2. *Pêche de reproducteurs*

Pendant la pêche de reproducteurs, le garde-pêche relève chaque jour et pour chaque pêcheur les données suivantes (complètes depuis 1974):

–le nombre de poissons capturés par pêcheur et par jour. Ces captures sont dénombrées et classées en trois catégories: mâles, femelles mûres et femelles non mûres. Les femelles capturées pendant la fraie sont dites mûres lorsqu'on expulse facilement leurs œufs en pressant leur abdomen; elles sont alors sur le point de frayer. On les oppose ainsi aux femelles qui sont également pleines d'œufs mais qui ne sont pas encore prêtes à pondre. Les femelles immatures ne sont en général pas capturées à cette occasion, du fait qu'elles ne sont pas présentes sur les lieux de ponte.

- la quantité d'œufs (en dl) déterminée immédiatement après la récolte.

2.5.3. *Effort de pêche*

L'effort de pêche exercé sur les palées et le poids moyen annuel des poissons capturés ont été quantifiés pour la période 1981-1987. Grâce à ces données, une relation entre le rendement moyen annuel (R_{t+1}) et le rendement au moment de la fraie (R_t) a pu être établie:

$$\text{Log } R_{t+1} = 1.158 \text{ Log } R_t .0.398 \ (r^2 = 0.904) \qquad (1)$$

R_t = rendement au moment de la fraie pendant une année donnée;
R_{t+1} = rendement moyen de l'année suivante.

Pour cette même période, une relation entre le poids moyen annuel du poisson pêché et la quantité d'œufs récoltés par femelle mûre pendant la fraie de la même année a été établie:

$$\text{Log } P_{moy} = 0.539 \text{ Log } F + 2.744 \ (r^2 = 0.804) \qquad (2)$$

P_{moy} = poids moyen du poisson (g);
F = quantités d'œufs récoltés par femelle mûre (dl).

Les équations (1) et (2) calculées à partir des statistiques détaillées des années 1981-1987 constituent un modèle permettant d'extrapoler le rendement moyen annuel et le poids moyen annuel pour les années sans valeur mesurée, soit 1975-80 et 1988-96, et donc de calculer l'effort annuel exercé sur la base des quantités totales de palées pêchées annuellement.

2.5.4. *Sélectivité des filets de pêche*

La sélectivité des filets de pêche permet de définir la taille optimale L_{opt} des poissons capturés selon la maille choisie, de même que l'écart-type σ de la courbe de sélectivité. La fonction de sélectivité a été déterminée par la méthode de Holt (1963), sur une série de 4 pêches (28 avril 1982, 10 juin 1982, 28 octobre 1982, 25 mai 1984) effectuées avec des filets de 45 mm et 50 mm de maille utilisés simultanément. Les résultats obtenus ont été cumulés, produisant des sélectivités relatives.

La courbe de sélectivité calculée selon la méthode de Holt prend la forme d'une distribution normale. L'abscisse représente la longueur des poissons et

l'ordonnée la probabilité relative de capture. Le sommet de la courbe est L_{opt} (longueur optimale). Le poisson d'une classe d'âge donnée sera capturé de manière optimale au moyen d'un engin avec une ouverture de maille donnée lorsque L_{opt} correspond à la longueur moyenne d'une classe d'âge. Nous considérons qu'un filet avec une dimension de maille donnée est efficace pour la capture des poissons dont la longueur est égale ou supérieure à la limite de la courbe de sélectivité correspondant à la probabilité P de 5%. Cette longueur limite L_{lim} se calcule comme suit (FISHER et YATES 1963):

$$L_{lim} = L_{opt} - 1.96 \cdot \sigma$$

2.5.5. *Taille virtuelle des cohortes*

La taille virtuelle (ou le «stock utilisé») est une estimation de l'abondance minimale d'une cohorte de poissons (RICKER 1975). Exprimée en nombre total d'individus capturés, la taille virtuelle d'une cohorte donnée est calculée en faisant la somme des poissons capturés appartenant à cette cohorte, dès leur recrutement jusqu'à leur élimination (FRY 1949). Du fait que l'on ne tient pas compte de la mortalité naturelle, cette méthode sous-estime la taille réelle de la population. Elle permet cependant de comparer l'importance des cohortes nées lors des années successives.

La taille virtuelle des populations de palées a été calculée à partir de 42 pêches professionnelles, pratiquées par le pêcheur témoin avec des filets de 45 mm et 50 mm de maille, de 1980 à 1987. Pour chacune de ces pêches, la composition en classes d'âge des palées a été déterminée. A partir de ces données, on a estimé le nombre de palées capturées par cohorte et par classe d'âge. Les données les plus complètes ont été obtenues pour les cohortes 1978 à 1982, donnant des tailles virtuelles par cohorte et par classe d'âge. Les données des classes d'âge ont été cumulées, donnant des tailles virtuelles par cohorte.

Par la suite, il a été procédé comme suit:

–le nombre de palées capturées lors des pêches spéciales de reproducteurs (relevé chaque jour par le garde-pêche) et la détermination d'âge de ces poissons ont permis d'établir le rendement par classe d'âge des géniteurs capturés;

–le rendement a été comparé aux tailles virtuelles des cohortes 1978 à 1982 par analyse de régression linéaire. La meilleure relation a été établie entre la somme des rendements moyens à l'âge de 3, 4 et 5 ans et la taille virtuelle des cohortes. Cette relation s'exprime de la manière suivante:

$$\text{Taille virtuelle} = 357.6 \times \text{rendement} - 4732.8 \ (N = 5, r^2 = 0.968) \quad (3)$$

La taille virtuelle des cohortes 1983 à 1991 a ainsi pu être calculée grâce à cette équation et aux rendements par âge obtenus pendant la pêche des reproducteurs. Ce procédé permet d'éviter que le pêcheur ne soit tenu de noter chaque jour et pendant des années le nombre de poissons capturés et le nombre de filets de pêche utilisés. Cela permet également de diminuer considérablement l'effort de prélèvement ainsi que les analyses à effectuer.

2.6. *Caractéristiques biologiques de la palée*

Les campagnes de récolte des données biologiques ont été faites essentiellement pendant la période de reproduction de la palée, mais des échantillons prélevés d'octobre à mai ont également été inclus. Pendant cette période froide

de l'année, la croissance des poissons est minimale; dans ce travail, cette période sera donc nommée «période de croissance minimale». Du fait que les annuli sur les écailles se forment pendant cette période, les rétrocalculs (voir 2.6.2.) permettent d'estimer la longueur des poissons lors des périodes de croissance minimale des années précédentes.

2.6.1. *Age*

La détermination de l'âge des palées s'est faite par scalimétrie, en comptant les zones annuelles de croissance sur des écailles prélevées près de la ligne latérale du poisson, en dessous de la nageoire dorsale. L'âge des palées a été déterminé à partir d'un échantillon de 1465 poissons (724 femelles et 741 mâles) capturés dans des filets de 50 mm de maille d'une part et dans des filets de 45 et 50 mm de maille d'autre part, pendant la période de croissance minimale de 1980/81 à 1996/97, excepté celle de 1993/94.

2.6.2. *Estimation de la croissance par rétrocalcul de la longueur*

Les longueurs des poissons des différentes classes d'âge ont été rétrocalculées sur la base de la longueur du radius des écailles situé en face de la zone d'abrasion et de l'emplacement de chaque annulus (méthode de Fraser et Lee, décrite dans TESCH 1968). Le modèle décrivant la relation entre la longueur du poisson et le rayon de son écaille a été calculé à partir d'un échantillon de 224 palées capturées dans des filets multimailles, entre 1986 et 1996. Cette équation de rétrocalcul a été exprimée par la régression log-log suivante:

$$\text{Log LT} = 2.170 + 0.654 \times \text{Log ST} \quad (r^2 = 0.940) \qquad (4)$$

LT = longueur totale du poisson (mm)
ST = longueur du radius de l'écaille (mm x 100)

Les longueurs par âge ont été rétrocalculées sur un échantillon de 336 palées de 4 ans, capturées pendant la période de croissance minimale (voir 2.6) 1982/83 à 1996/97, excepté celles de 1983/84, 1985/86 et 1993/94. Le choix des poissons de 4 ans a été décidé après une série d'analyses montrant que cette classe d'âge permettait d'obtenir un échantillon peu biaisé par la sélectivité des filets.

2.6.3. *Relation taille-poids*

La relation taille-poids a été estimée à partir d'un échantillon de 551 individus capturés pendant la période de croissance minimale (voir 2.6) de 1982/83, 1985/86, 1987/88, 1990/91, 1993/94, 1994/95 et 1995/96. La relation entre le poids du poisson éviscéré et sa longueur a été exprimée par une équation de la forme:

$$P = a\,LT^b \qquad (5)$$

P = poids du poisson éviscéré (g)
LT = longueur totale du poisson (mm)
a, b = constantes

Les équations ont été déterminées pour chaque année de capture, sur l'ensemble des mâles et des femelles, puis séparément pour les mâles et les femelles.

Le coefficient de condition K de Fulton (LANGELAND 1986) est défini comme:
$K = (P * 10^5) / LT^3$ (6)
P = poids du poisson éviscéré (g)
LT = longueur totale du poisson (mm)

K a été calculé sur le même échantillon utilisé pour l'estimation de la relation taille-poids.

3. RÉSULTATS

3.1. *Exploitation des statistiques de pêche et évolution des cohortes*

3.1.1. *Evolution du rendement de la palée*

Les espèces qui sont principalement pêchées dans le lac de Joux sont la palée, la perche, le brochet et la truite lacustre. Le nombre de pêcheurs professionnels est passé de 11 en 1967 à 3 entre 1978 et 1981 et à 2 aujourd'hui. Les pêcheurs amateurs pêchent peu la palée, mais de manière intensive le brochet. L'évolution générale de la pêche dans le lac de Joux peut être analysée depuis 1959 pour la pêche professionnelle et 1970 pour la pêche sportive. De 1959 à 1998 (figure 1), la palée représente la part la plus importante des captures par pêche professionnelle, avec en moyenne 60 % du total des prises. La perche, qui a presque disparu entre 1969 et 1971, n'atteint que 15 % des prélèvements.

De 1959 à 1985, les prises annuelles de palées sont caractérisées par de fortes fluctuations cycliques (analyse d'autocorrélation ACF, $p<0.05$). Tous les 7 ans (figure 2), des pics relativement élevés sont enregistrés dans les tonnages pêchés. Les années de pêche maximale s'observent en 1963 (12 t), 1969-71 (11.5 t), 1976 (18 t) et 1984 (19 t) tandis que les deux années de pêche minimale sont 1959 et 1967, avec moins de 1 t pêchée annuellement. 1985 est une année de rupture. Le tonnage pêché cette année-là chute à 8 t.

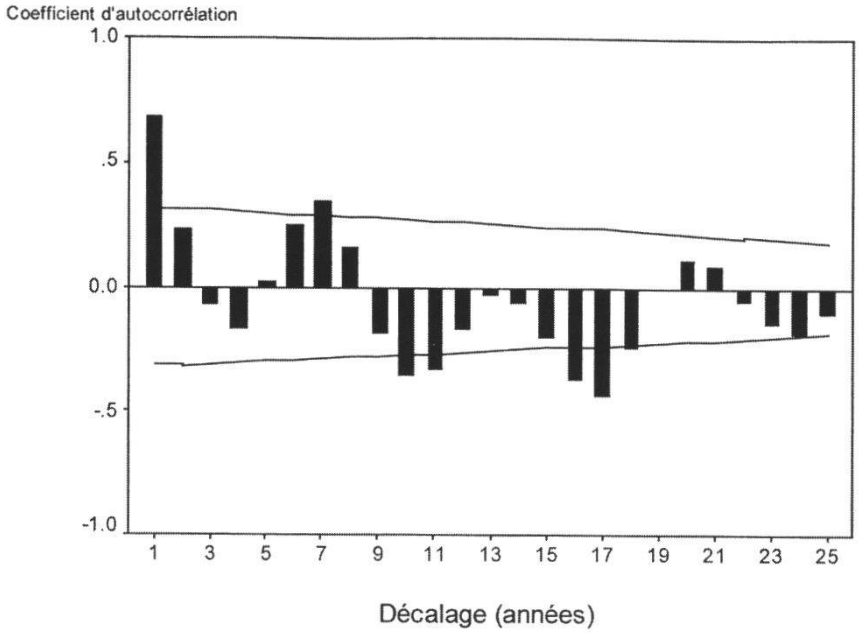


Figure 2.–Diagramme d'autocorrélation sur les statistiques de pêche de la palée de 1959 à 1998. Les 2 lignes représentent les limites de signification à 5 %.

Depuis, les prises fluctuent annuellement de manière irrégulière, mais sans variations marquées, et les tonnages pêchés restent inférieurs à 10 t/an.

Les captures maximales des palées, telles qu'elles ressortent de la figure 1, sont la conséquence d'une relation complexe entre l'effort de pêche, le rendement et le poids moyen des poissons pêchés. La figure 3 montre que l'effort de pêche évolue de manière irrégulière. Il a tendance à diminuer lorsque la population de poissons à tendance à vieillir (ANOVA, $p = 0.02$, $N = 15$). Le vieillissement de la population se traduit par une augmentation de l'âge moyen des palées capturées et de leur poids moyen au delà de 500 g environ. Illustrée de manière la plus claire pendant la période 1978 à 1986, cette relation entre l'effort de pêche et le poids moyen n'a vraisemblablement pas de causes biologiques. Elle s'explique surtout par le fait que les grandes palées sont moins faciles à commercialiser que les plus petites.

En 1979, 80 et 81 l'effort de pêche a été maximal (3'785 filets en 1979, 3'072 en 1980 et 4'662 en 1981). Le rendement n'a cependant atteint que 7 individus/filet en 1981, alors qu'il atteignait 15 individus/filet en 1976 pour un effort de pêche moitié moins élevé. Sur l'ensemble de la période d'étude, les rendements les plus élevés correspondent à des poids moyens des poissons capturés entre 400 et 600 g.

3.1.2. *Taille virtuelle des cohortes* (figure 4)

La taille virtuelle des cohortes de palées 1978-91 montre de fortes fluctuations annuelles. La taille virtuelle de la cohorte née en 1979 (environ 55'500 individus) est environ 1.8 fois plus élevée que celles des cohortes - importantes elles aussi - des années 1985, 1986 et 1991. Cette cohorte 1979 est suivie de cinq cohortes dont la taille virtuelle est en rapide diminution. Les variations d'abondance observées depuis 1986 paraissent moins marquées que les années précédentes et la taille virtuelle des cohortes décroît moins rapidement. Enfin, la cohorte 1991 apparaît comme une nouvelle cohorte abondante (30'500 ind.).

Il existe une relation significative entre la taille virtuelle des cohortes 1978-91 et les statistiques annuelles de pêche de la palée durant la même période (analyse de corrélation croisée CCF, coefficient de corrélation croisée = 0.715). La figure 5 montre bien que l'effet de la taille virtuelle d'une cohorte importante se répercute sur les captures après 4-5 ans, avec un effet maximum après 5 ans.

3.2. *Caractéristiques biologiques de la palée*

3.2.1. *Structure d'âge* (tableau 1, figure 6) *et évolution des cohortes*

Quelle que soit l'année et le maillage des filets, la structure d'âge (la représentation en % de chaque classe d'âge dans la population) des poissons analysés dans le cadre des pêches de reproducteurs ne montre aucune différence significative entre les femelles et les mâles (ANOVA, $p>0.05$; $N=1'465$). Les femelles paraissent mieux représentées chez les individus âgés, mais aucune différence significative n'a pu être décelée à cause du faible nombre d'individus. Ainsi, les résultats sont analysés pour les deux sexes confondus:

De 1980 à 1997, les palées capturées pendant la période de croissance minimale (voir 2.6) sont âgées de 3 à 9 ans avec une prédominance d'individus de

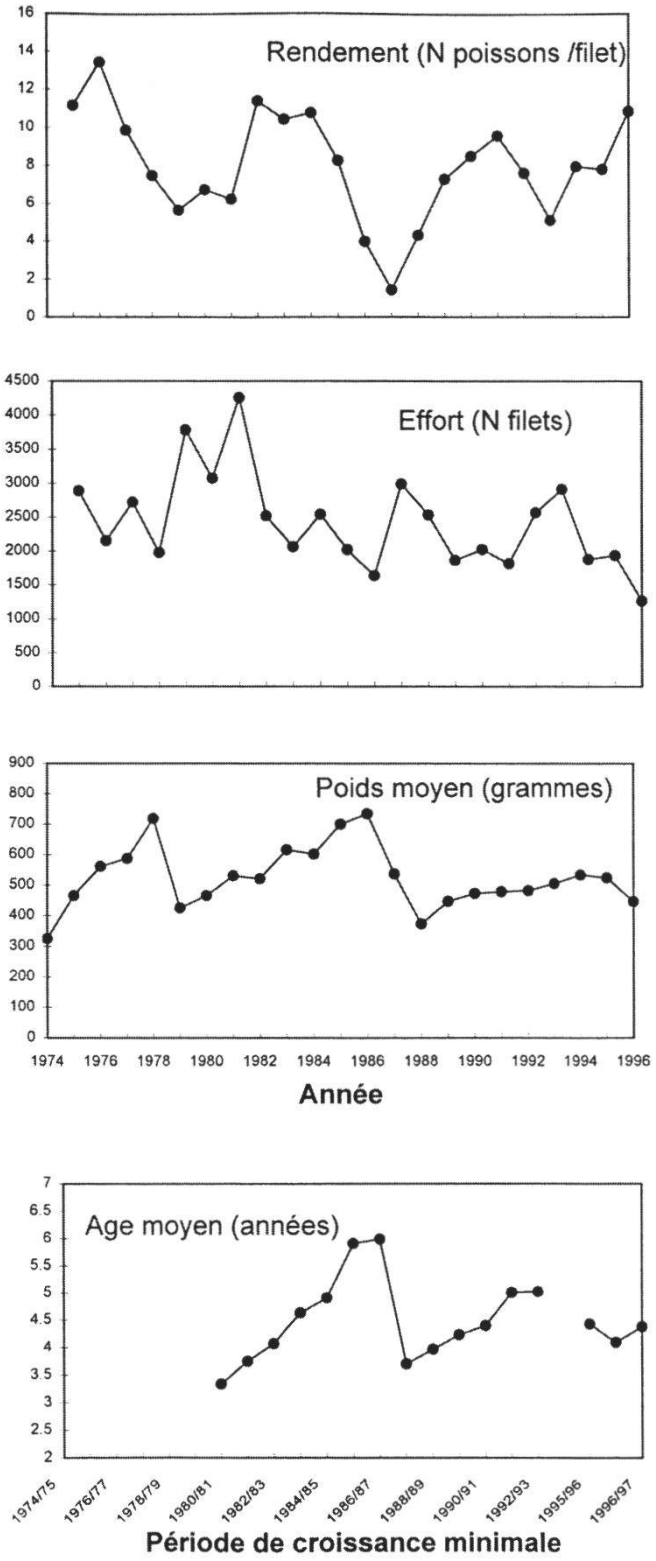


Figure 3.–Evolution du poids moyen annuel (g) des palées capturées dans le lac de Joux de 1974 à 1996, du rendement moyen annuel (N poissons/filet), de l'effort de pêche total annuel (N filets/100) et de l'âge moyen des palées lors de la période de croissance minimale (années). Les graphiques A à C sont établis sur la base des statistiques journalières personnelles du pêcheur témoin, le graphique D sur la base des échantillonnages réalisés pendant la période de croissance minimale.

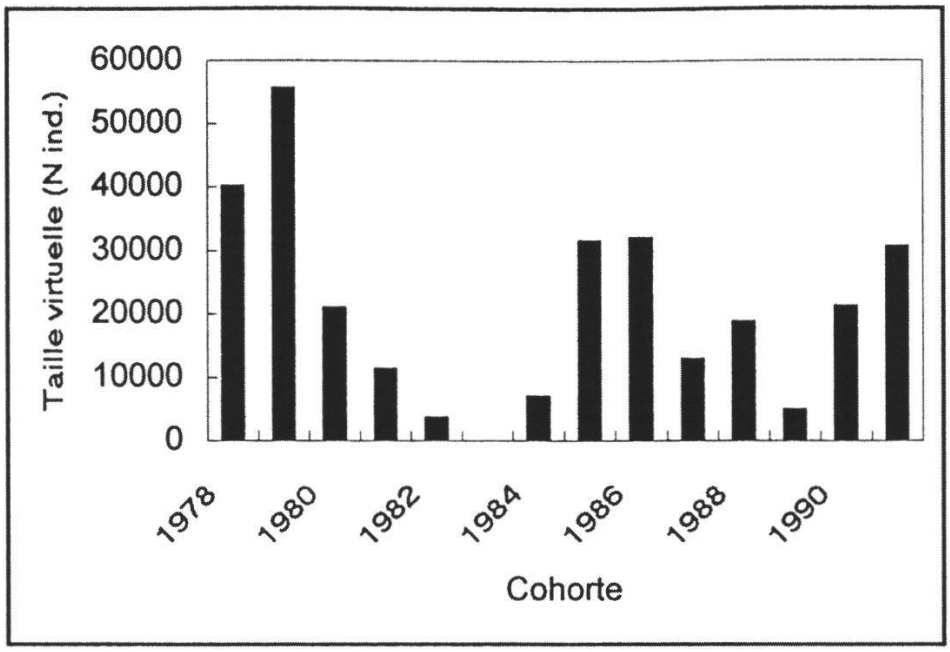


Figure 4.–Taille virtuelle des cohortes de palées 1978-91 dans le lac de Joux.

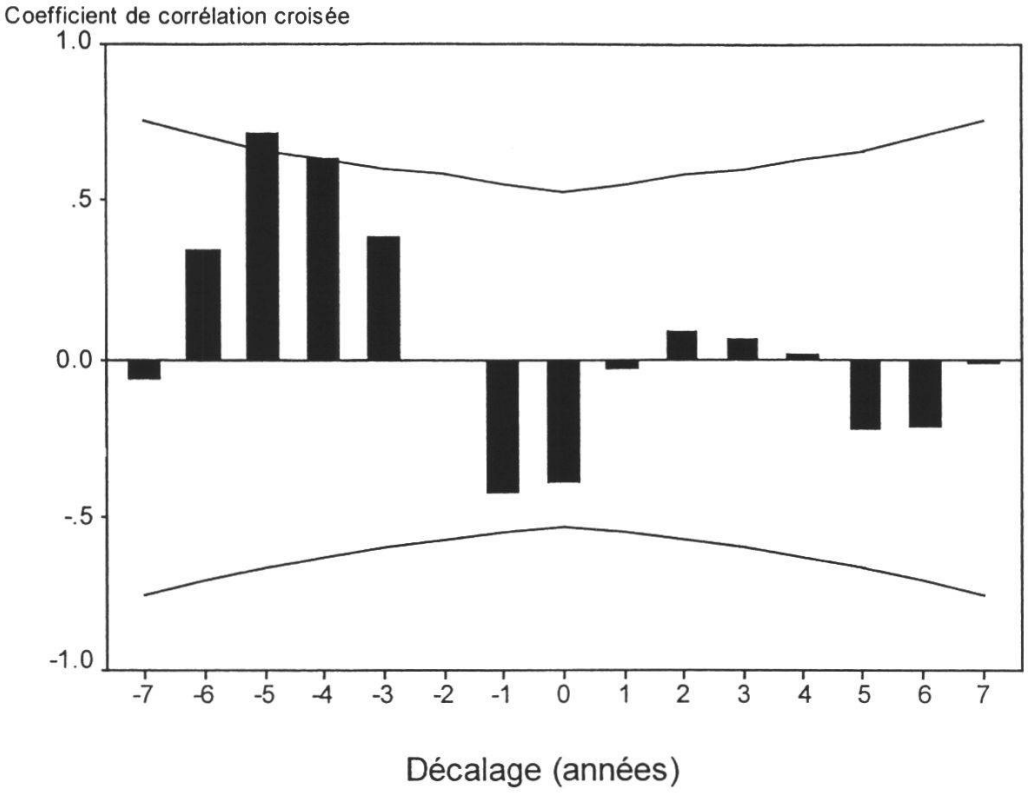


Figure 5.–Diagramme de corrélation croisée entre la taille virtuelle des cohortes de palées 1971-91 et les statistiques de pêche durant la même période. Les 2 lignes représentent les limites de signification à 5 %.

4 ans (48%). Pendant ces années, on constate une évolution comprenant deux périodes:

–De la période de croissance minimale 1980/81 à celle de 1986/87, on constate la présence en force de la cohorte née en 1978 (issue de la période de reproduction 1977): les individus de 3 ans représentent environ 70% des captures en 1980/81 et ceux de 4 ans représentent environ 80% des captures en 1981/82. La cohorte 1979 est également bien représentée. Les survivants des cohortes 1978 et 1979 atteignent en 1986/87 l'âge respectable de 9 et 8 ans respectivement, alors que les cohortes 1980 à 1983 (âgées de 3 à 6 ans) sont relativement peu représentées dans les captures. En 1985/86 et 1986/87, plus de 50% des palées de l'échantillon sont âgées de 6 ans et plus. L'âge moyen atteint 5 à 6 ans (figure 3).

–Les années comprises entre la période de croissance minimale 1987/88 et celle de 1992/93 (ou peut-être 1993/94, année sans échantillonnage) sont caractérisées par la présence des importantes cohortes 1985 (4 ans en 1988/89) et 1986 (4 ans en 1989/90), dont la dominance ressort également bien de la figure 3. Toutefois, dans cette seconde période, le vieillissement de la population est moins prononcé que dans la première, peut-être en conséquence d'une augmentation de la pression de pêche. En 1991/92, 35% des palées capturées ont 6 ans ou plus et l'âge moyen atteint au maximum 5 ans en 1991/92 et 1992/93 (figure 3).

–Dès 1994/95 (peut-être même en 1993/94), une nouvelle période semble s'amorcer avec l'apparition de jeunes individus de la cohorte 1991. Contrairement aux deux périodes précédentes, la prédominance de cette cohorte est moins marquée. Les cohortes 1992 et 1993 sont également bien représentées dans les captures en 1995/96 et 1996/97, c'est à dire à l'âge de 4 ans. Si cette tendance se confirme, on peut s'attendre à ce qu'à l'avenir le rendement piscicole du lac de Joux soit plus régulier et les cycles moins marqués.

Ces constatations indiquent que les populations de palées du lac de Joux évoluent de manière cyclique, chaque cycle étant marqué par la présence d'une ou de deux cohortes dominantes. Les cohortes ne deviennent dominantes que lorsque les anciennes cohortes dominantes ont disparu. Mais depuis 1986, il semble que les fluctuations du rendement comme celles de l'âge moyen des poissons capturés soient devenues moins prononcées. Afin d'éviter à l'avenir le vieillissement de la population de palées, la dimension minimale des mailles des filets flottants a été abaissée à 45 mm dès 1996 et à 44 mm dès 1999.

3.2.2. *Croissance* (figure 7) *et fécondité* (figure 8)

Le test non paramétrique de Mann et Whitney montre qu'il existe des différences significatives entre les longueurs rétrocalculées des palées femelles et mâles pour les classes d'âge de 1 et 3 ans (respectivement, $p = 0.03$ et $p = 0.02$). Malgré ce résultat, il nous a paru préférable d'analyser la croissance pour les deux sexes confondus. En effet, pour la classe d'âge 1^+, ce sont les mâles, pour la classe d'âge 3^+, ce sont les femelles qui sont un peu plus grandes. Ces différences sont en outre trop faibles pour être significatives sur le plan biologique.

Les longueurs rétrocalculées des palées appartenant aux cohortes 1978 à 1993 sont soumises à des variations hautement significatives pour les classes

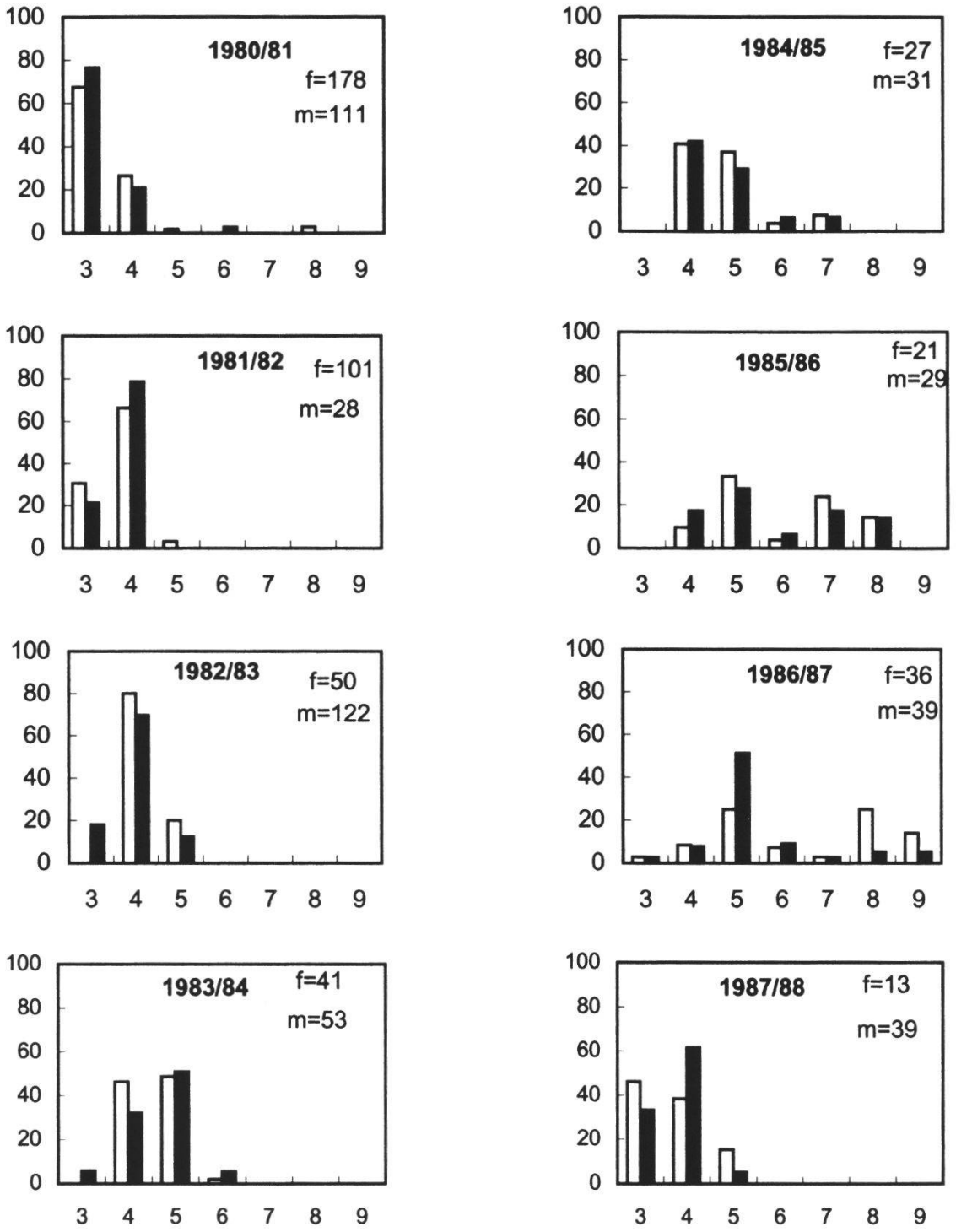
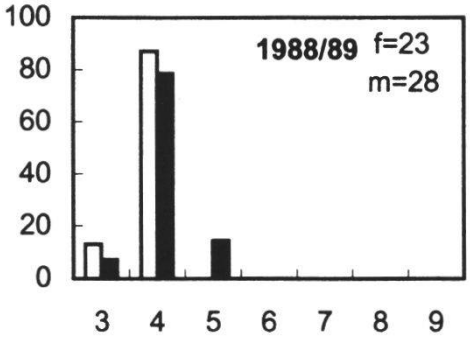
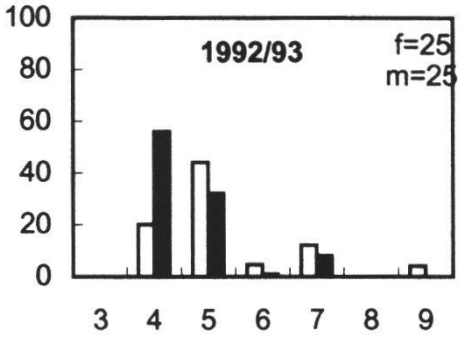
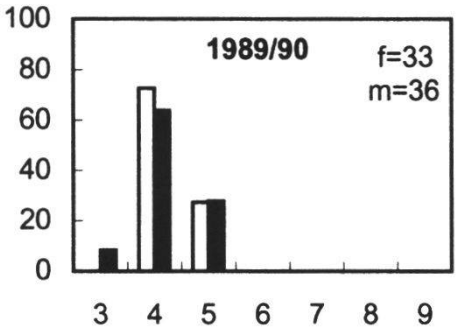


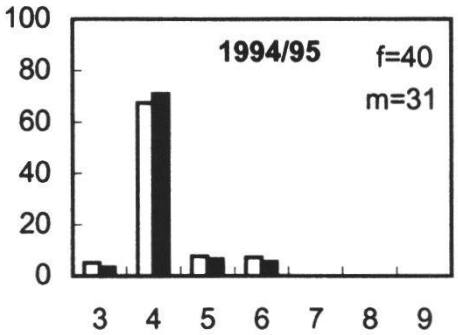
Figure 6.–Structure d'âge (%) dans un échantillon de 1465 palées (741 mâles et 724 femelles) capturées dans des filets de 50 mm et de 45+50 mm de maille, pendant la période de croissance minimale 1980/81 à 1996/97 (f=nombre de femelles, m=nombre de mâles).

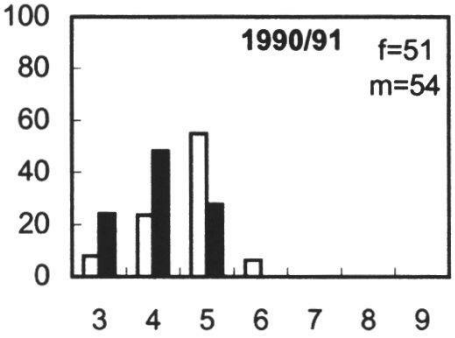
□ femelles ■ mâles

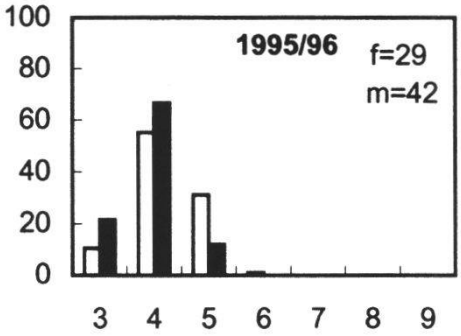

1988/89
f=23
m=28
100
80
60
40
20
0
3 4 5 6 7 8 9

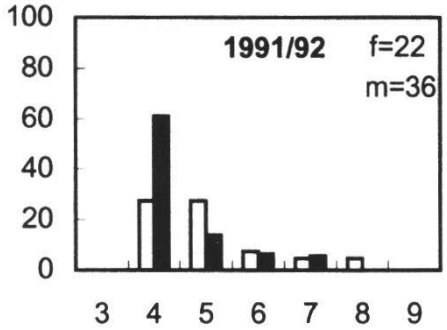

1992/93
f=25
m=25
100
80
60
40
20
0
3 4 5 6 7 8 9


1989/90
f=33
m=36
100
80
60
40
20
0
3 4 5 6 7 8 9


1994/95
f=40
m=31
100
80
60
40
20
0
3 4 5 6 7 8 9


1990/91
f=51
m=54
100
80
60
40
20
0
3 4 5 6 7 8 9


1995/96
f=29
m=42
100
80
60
40
20
0
3 4 5 6 7 8 9


1991/92
f=22
m=36
100
80
60
40
20
0
3 4 5 6 7 8 9

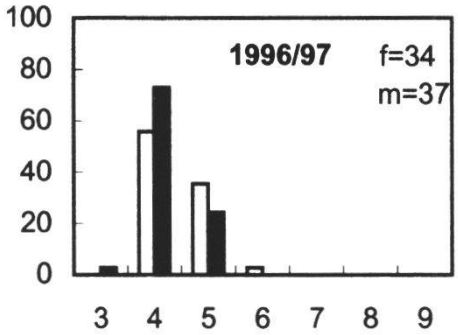

1996/97
f=34
m=37
100
80
60
40
20
0
3 4 5 6 7 8 9

Tableau 1.–Structure d'âge (%) dans un échantillon de 1465 palées (741 mâles et 724 femelles) capturées dans des filets de mailles 50 mm et 45+50 mm, de 1980/81 à 1996/97, excepté 1993/94 (f = femelles, m = mâles).

Pé-riode	Maille (mm)	3 ans		4 ans		5 ans		6 ans		7 ans		8 ans		9 ans	
		f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m	f	m
80/81	50	67.42	76.58	26.40	20.72	1.69			2.70			2.81			
81/82	50	30.69	21.43	66.34	78.57	2.97									
82/83	50		18.03	80.00	69.67	20.00	12.30								
83/84	50		5.66	46.34	32.08	48.78	50.94	4.88	11.32						
84/85	50			40.74	41.94	37.04	29.03	14.81	22.58	7.41	6.45				
85/86	50			9.52	17.24	33.33	27.59	19.05	24.14	23.81	17.24	14.29	13.79		
86/87	50	2.78	2.56	8.33	7.69	25.00	51.28	22.22	25.64	2.78	2.56	25.00	5.13	13.89	5.13
87/88	45+50	46.15	33.33	38.46	61.54	15.38	5.13								
88/89	45+50	13.04	7.14	86.96	78.57		14.29								
89/90	45+50		8.33	72.73	63.89	27.27	27.78								
90/91	45+50	7.84	24.07	23.53	48.15	54.90	27.78	13.73							
91/92	45+50			27.27	61.11	27.27	13.89	36.36	19.44	4.55	5.56	4.55			
92/93	45+50			20.00	56.00	44.00	32.00	20.00	4.00	12.00	8.00			4.00	
94/95	45+50	5.00	3.23	67.50	70.97	7.50	6.45	20.00	19.35						
95/96	45+50	10.34	21.43	55.17	66.67	31.03	11.90	3.45							
96/97	45+50		2.70	55.88	72.97	35.29	24.32	8.82							

d'âge de 1 à 4 ans considérées à la figure 7 (analyse de variance non paramétrique de Kruskal-Wallis, $p<0.0001$).

La croissance semble suivre une évolution qui se superpose à celle de la taille virtuelle (figure 4). La cohorte 1979, qui présente les longueurs moyennes rétrocalculées les plus élevées de toute la période d'étude, est suivie de 5 cohortes où l'on observe une diminution nette des longueurs moyennes (jusqu'à la cohorte 1984). La cohorte 1985 marque une reprise, et ce de nouveau jusqu'en 1989. La cohorte 1992 (et peut-être 1991) apparaît de nouveau comme une cohorte où la longueur moyenne rétrocalculée est importante. Cette tendance générale s'observe particulièrement bien pour les longueurs moyennes des palées à 2 et 3 ans, elle est moins bien marquée pour les autres classes d'âge.

Ces fluctuations s'observent également au niveau de la fécondité (figure 8). De 1980 à 1986, la quantité d'œufs récoltés par femelle mûre augmente progressivement de 0.72 à 1.68 dl, parallèlement au vieillissement et à l'augmentation de la longueur moyenne des femelles pêchées pendant la période de reproduction. En 1987-88, la quantité d'œufs récoltés chute assez brutalement (respectivement 0.94 et 0.48 dl), de même que l'âge moyen et la longueur moyenne des poissons. Cet épisode correspond à l'abaissement de 50 mm à 45 mm de la dimension minimale des mailles des filets utilisés pour la pêche des géniteurs, dès 1986. Mais il correspond aussi à l'arrivée des individus de 3 ans (classe d'âge 2^+) de la cohorte importante née en 1985 et qui prend la relève.

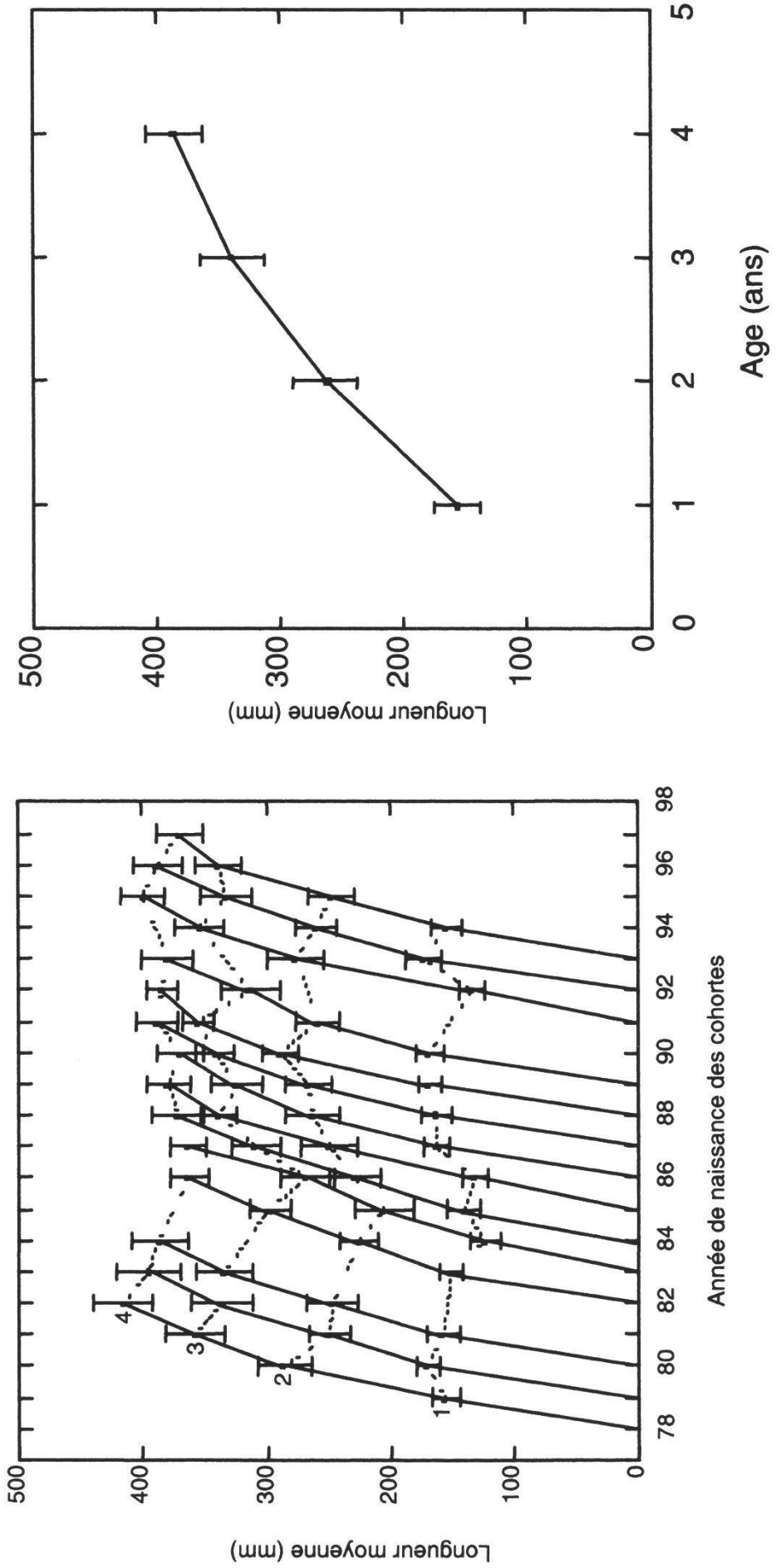


Figure 7.–Gauche: Longueurs moyennes rétrocalculées en mm, avec écart-type, de 336 palées du lac de Joux capturées pendant la période de croissance minimale 1982/83 à 1996/97, excepté celles de 1983/84, 1985/86 et 1993/94, dans la maille 45 mm et 45+50 mm (toutes cohortes confondues). Droite: Longueurs moyennes rétrocalculées en mm, avec écart-type, de tous les individus confondus, en fonction de l'âge.

Depuis 1989, le nombre d'œufs récoltés par femelle mûre est relativement stable mais reste toujours inférieur à 1 dl, bien que l'âge moyen et la longueur moyenne des femelles augmentent jusqu'en 1992. En revanche, la longueur moyenne par âge moyen diminue nettement, ce qui indique que la croissance des palées a tendance à ralentir.

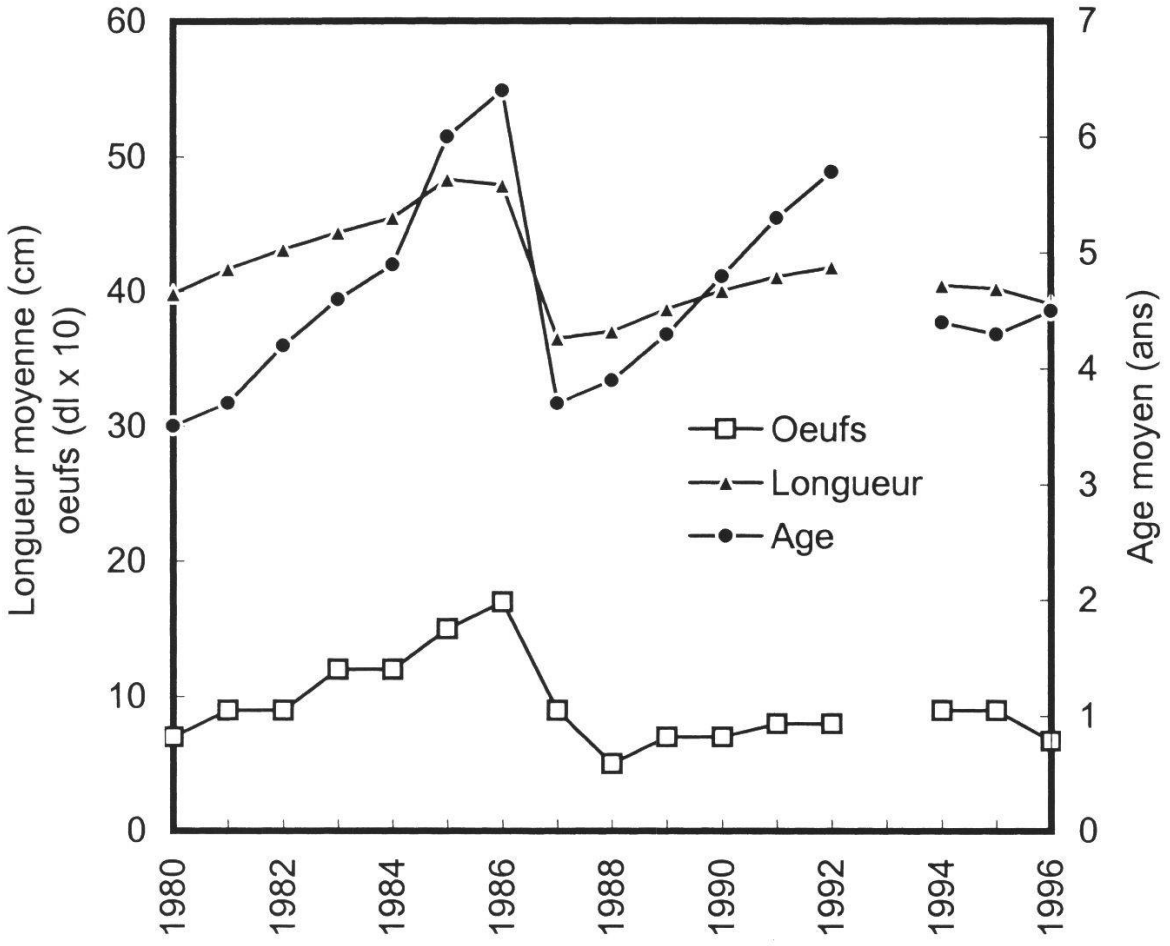


Figure 8.–Evolution de la quantité d'œufs récoltée pendant la fraie de 1980 à 1996, de l'âge moyen et de la longueur moyenne des femelles.

3.2.3. *Sélectivité des filets de pêche.*

La sélectivité relative (probabilité de capture des poissons en fonction de leur longueur) d'un filet de maille donnée, établie d'après la méthode de HOLT (1963), est représentée par une distribution normale. Pour les filets de 45 et 50 mm de maille et la palée du lac de Joux, la taille optimale L_{opt} (en cm) est de 0.825 fois la dimension des mailles (en mm). L'écart-type σ des courbes de sélectivité est estimée à 7.6 cm. Les valeurs estimées pour les filets de 45 et 50 mm de maille utilisés dans le lac de Joux figurent au tableau 2.

3.2.4. *Relation taille-poids en fonction de l'année*

L'échantillon de palées capturées pendant la période de croissance minimale 1981/82, 1985/86, 1987/88, 1990/91, 1993/94, 1994/95 et 1995/96 comportait

Tableau 2.–Longueur optimale et valeur limite inférieure d'efficacité des filets de 45 et 50 mm de maille pour la palée du lac de Joux.

Maille (mm)	L_{opt} (cm)	L_{lim} (cm)
45	37	22
50	41	26

550 poissons de poids connu, âgés de 2 à 8 ans plus un individu de 10 ans (ce dernier est une femelle de 1345 g et de 564 mm, capturée en 1988).

Toutes cohortes confondues, le coefficient d'allométrie (exposant de l'équation) ainsi que le coefficient de condition ne montrent aucune différence significative entre les mâles et les femelles (ANOVA, $p>0.05$, $N = 550$). Ainsi, les résultats sont analysés pour les deux sexes confondus (tableau 3). En revanche, ces deux coefficients varient significativement selon les années (ANOVA, respectivement $p=0.006$ $p<0.0001$). Le coefficient d'allométrie est supérieur à 3 de 1982 à 1991, ce qui signifie que la corpulence des poissons augmente avec l'âge. L'inverse se produit de 1994 à 1996, le coefficient d'allométrie devient inférieur à 3, ce qui traduit une diminution de la corpulence des palées avec l'âge. Mais globalement, le coefficient d'allométrie ainsi que le coefficient de condition diminuent de 1981/82 à 1995/96, ce qui traduit globalement une tendance à la diminution de la corpulence, signe peut-être d'un déficit en nourriture disponible pour les palées.

Tableau 3.–Relation taille-poids et coefficient de condition K dans un échantillon de 550 palées âgées de 2 à 8 ans, les deux sexes confondus, capturées en 1981/82, 1985/86, 1987/88, 1990/91, 1993/94, 1994/95 et 1995/96.

Année	Relation taille-poids	N	R	K
1981/82	$P = 1.6.10^{-6} L^{3.28}$	176	0.963	8.251
1985/86	$P = 1.9.10^{-6} L^{3.25}$	78	0.977	8.470
1987/88	$P = 3.110^{-6} L^{3.14}$	51	0.948	7.093
1990/91	$P = 6.1.10^{-6} L^{3.03}$	59	0.923	7.103
1993/94	$P = 4.7.10^{-5} L^{2.69}$	78	0.929	7.349
1994/95	$P = 3.8.10^{-5} L^{2.73}$	71	0.936	7.417
1995/96	$P = 1.7.10^{-5} L^{2.85}$	37	0.966	7.127

4. Discussion et conclusions

4. 1. *Evolution de la population*

De 1974 à 1998, les captures annuelles de palées sont caractérisées dans le lac de Joux par d'importantes fluctuations cycliques. Les maxima enregistrés dans les tonnages pêchés interviennent à des intervalles de 7 ans et s'expriment essentiellement par un bon rendement et un poids moyen des poissons pêchés relativement élevé plutôt que par un effort de pêche accru. Les années 1985-87 semblent constituer une période charnière dans l'évolution de la population de palées du lac de Joux de ces 20 dernières années, avec un vieillissement considérable du stock de poissons en 1985-86 et un rendement moyen annuel très inférieur à la moyenne en 1987. Depuis, les tonnages restent inférieurs à 10 t/an mais les variations annuelles des prises sont moins prononcées. La taille des cohortes les plus importantes a diminué. Le poids par rapport à la taille du poisson et la fertilité ont baissé. Enfin, la croissance des poissons a tendance à diminuer, de sorte que les cohortes sont recrutées moins rapidement dans les filets de 45 mm de maille et que l'effort de pêche se porte davantage sur les poissons de 4 ans. Ainsi, la productivité de la population de palées semble avoir globalement diminué, mais, parallèlement, elle est devenue moins variable d'une année à l'autre et reste finalement d'un bon niveau.

Ces variations annuelles plus ou moins marquées dans les structures d'âge, de longueur et de poids ainsi qu'au niveau de la fécondité des palées se rencontrent également dans le lac de Neuchâtel (Pedroli 1983), le lac de Constance (Nümann 1973, Eckmann et Gaedke 1988), le lac de Bienne (Kirchhofer 1995). Dans le lac de Neuchâtel (Pedroli 1983), l'eutrophisation croissante des eaux et l'effet de l'introduction du matériel en fibres synthétiques expliquent en partie l'accélération de la croissance des palées qui a été constatée pendant la période 1978-80. Mais dans ce lac, la population de corégones a diminué de 75 % de 1961 à 1980 et la diminution de la taille de la population a eu également pour effet une concurrence alimentaire moins grande qu'autrefois et a conduit à une croissance des poissons plus forte.

Les rendements cycliques de la palée peuvent aussi s'expliquer par des phénomènes de compétition intraspécifique. Dans un milieu favorable à la reproduction naturelle comme semble l'être le lac de Joux, la taille d'une nouvelle génération dépend non seulement de la quantité d'œufs pondus (donc du nombre et de l'âge des reproducteurs), mais aussi du taux de réussite de développement des œufs (Büttiker 1986). Or, œufs et alevins peuvent être décimés par des prédateurs et le prédateur potentiel le plus abondant dans le lac de Joux semble être la palée elle-même. Ces observations ressemblent en partie aux conclusions de Nümann (1973) qui montre que, dans le lac de Constance, des générations de corégones de grande taille («*Blaufelchen*») ne sont produites qu'en présence d'un stock d'adultes de taille moyenne et que, après des années de bon rendement, les générations qui suivent sont de petite taille. La possibilité d'une autorégulation par cannibalisme a été évoquée, mais n'a cependant pu être mise en évidence dans ce lac.

La baisse de productivité de la palée dans le lac de Joux est peut-être liée à l'algue *Oscillatoria rubescens* ou sang des Bourguignons, dont la biomasse est particulièrement élevée dans ce lac. Après avoir fortement régressé entre 1988 et 1994, cette algue est réapparue depuis (Lang *et al.* 1998). Lorsque cette

algue n'est pas assez utilisée par les invertébrés et les poissons, elle retombe au fond, se dépose à la surface du sédiment où elle se décompose et entraîne un déficit en oxygène. Cela a pour conséquence de diminuer l'abondance des insectes qui dépendent de l'état du sédiment (sensibles au manque d'oxygène). Un déficit en nourriture pour les palées pourrait donc en résulter.

D'autres auteurs, comme ECKMANN et GAEDKE (1988) réfutent ces différentes hypothèses, en relevant que l'importance des facteurs biotiques (prédation, cannibalisme, disponibilité en nourriture, etc.) sur l'importance des classes annuelles de palées n'a jamais pu être démontrée statistiquement. Ces auteurs proposent un modèle qui montre que les conditions météorologiques qui conduisent à la stratification thermique rapide du lac de Constance en avril favorisent l'apparition de fortes classes annuelles de *Coregonus lavaretus*.

4. 2. *Croissance*

La palée du lac de Joux est considérée comme étant proche de la palée du lac de Neuchâtel (voir chapitre 2.3). Cependant, sa croissance est plus faible que celle de cette souche voisine. Selon BÜTTIKER (1998), la palée du lac de Neuchâtel atteint environ 43 cm de longueur moyenne à l'âge de 4 ans et 39 cm à 3 ans. La croissance plus faible pourrait s'expliquer par la différence d'altitude entre les deux lacs (lac de Joux: 1001 m; lac de Neuchâtel: 429 m). Le lac de Joux gèle chaque hiver, alors que le lac de Neuchâtel ne gèle que rarement et jamais entièrement.

Dans le lac de Neuchâtel (PEDROLI 1983), l'eutrophisation croissante des eaux et l'effet de l'introduction du matériel en fibres synthétiques expliquent en partie l'accélération de la croissance des palées qui a été constatée pendant la période 1978-80. Mais dans ce lac, la population de corégones a diminué de 75 % de 1961 à 1980, ayant également pour effet une concurrence alimentaire moins grande qu'autrefois et une augmentation de la vitesse de croissance des poissons.

4. 3. *Méthodes d'investigation*

La période fraîche, notamment la période de reproduction, est apparue comme la plus judicieuse pour suivre l'évolution de la population de palées du lac de Joux parce qu'elle permet de minimiser l'effort de prélèvement. Les individus âgés de 4 ans sont ceux qui représentent le mieux la moyenne de la population. En effet, c'est en novembre-décembre, pendant la période de reproduction, que les poissons matures de 3 et 4 ans (classes d'âge 2^+ et 3^+) sont rassemblés sur les sites de reproduction et que le rendement est le plus élevé. Pendant cette période, la taille des palées âgées de 4 ans correspond à peu près à la taille optimale des poissons capturés par le filet de pêche de 45 mm de maille. Enfin, les résultats de rendement par âge confirment que c'est à l'âge de 4 ans que le rendement de la pêche au filet de 45 mm de maille d'une cohorte est optimal. Ces résultats peuvent néanmoins varier en fonction de la croissance d'une cohorte. Une cohorte à croissance rapide par exemple est davantage pêchée à l'âge de 3 ans déjà et la fraction restante de la cohorte est alors plutôt composée d'individus à croissance moyenne ou lente. Ainsi, les valeurs utilisées pour estimer la croissance des années antérieures peuvent être sous-estimées (phénomène de Lee). En dépit de ces imperfections, les indivi-

dus âgés de 4 ans représentent le mieux la moyenne de la population réelle, du fait que leur longueur correspond à peu près à la taille optimale des filets utilisés (figure 7 et tableau 2). Les données d'abondance et de croissance quantifiées sur la base de cette classe d'âge sont donc comparables d'une année à l'autre et révèlent des tendances à long terme.

La méthode de suivi développée dans cette étude permet de limiter considérablement l'effort de prélèvement, puisque les échantillonnages se limitent à la période de reproduction. Toutefois, il serait utile de vérifier l'âge des poissons pêchés en période d'exploitation principale par des échantillonnages restreints.

4. 4. *Mesures de gestion*

Pour réagir au vieillissement jugé excessif des palées observé de 1984 à 1986 (figures 3 et 8), des filets flottants de 50 mm de maille ont été introduits dans le lac de Joux en 1986. La dimension des mailles de ces filets a été réduite à 45 mm en 1996. Suite à ces mesures, les fluctuations de rendement se sont atténuées, mais le rendement proprement dit, même s'il a globalement diminué, s'est maintenu à un bon niveau, du moins sur le plan commercial. Ceci indique que la diminution de la dimension des mailles des filets a eu l'effet souhaité. Il est probable qu'à l'avenir la dimension des mailles puisse encore être abaissée de 3 à 5 mm sans effet négatif sur la population de palées et sur son rendement.

Cette étude à long terme a permis de mettre en évidence une évolution cyclique de la population de palées du lac de Joux et, en conséquence, du rendement piscicole. La durée des cycles est de 7 ans environ. Pour la gestion piscicole, il serait important de ne pas laisser vieillir les poissons au delà de 4 ans environ, du fait que leur commercialisation devient alors difficile vu leur taille. De plus, si les poissons âgés sont présents en trop grand nombre, ils empêchent le départ d'un nouveau cycle, donc le rajeunissement de la population. La dimension des mailles des filets doit donc être choisie –en fonction de l'effort de pêche– de manière à axer le principal effort de pêche sur les individus de 3 et 4 ans, quitte à permettre l'exploitation limitée des poissons dans leur 3e année en début de cycle.

Remerciements

Ce manuscrit est basé sur les résultats présentés dans des rapports internes de Mme Barbara Lang. Mme Lang a par ailleurs donné de précieuses indications qui ont permis d'améliorer la rédaction finale. Les pêcheurs professionnels, MM. Jean-Daniel Meylan et Marcel Rochat, ont mis à disposition les poissons capturés et ont collaboré aux relevés biologiques. Mme Geneviève Leplattenier et M. Olivier Reymond ont participé aux relevés biologiques et au travail en laboratoire. Les gardes-pêche, MM. Jean-Jacques Martignier et Philippe Amiet, ont collaboré à la récolte des données sur le terrain.

Bibliographie

Bagliniere J.-L. et Le Louarn H., 1987. Caractéristiques scalimétriques des principales espèces de poissons d'eau douce de France. *Bull. franç. pêche et piscic. N° 306, No spéc.*: 1-39.

Bosset E., 1981. Evolution de l'état sanitaire du lac de Joux de 1953/57 à 1978/79. *Bull. ARPEA Sept.-Déc.*

BÜTTIKER B., 1986. In situ observations on coregonid eggs survival in Lake Joux (Switzerland). *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 22*: 363-372.

BÜTTIKER B., 1998. La gestion de la bondelle du lac de Neuchâtel. Centre de conservation de la faune et de la nature. Rapport interne non publié. 7 p.

COMBE S., 1935. La pêche dans le Canton de Vaud. *Bull. suisse de pêche et pisciculture n° 7-8*: 108-115.

COMBE S.,1943. Lac de Joux. *Le pêcheur suisse n°6*: p. 135

ECKMANN R. and GAEDKE U., 1988. Effects of climatic and density-dependent factors on year-class strength of *Coregonus lavaretus* in lake Constance. *Can. Fish. Aquat. Sci. 45*: 1088-1093.

FISHER R.-A. and YATES F., 1963. Statistical tables for biological, agricultural and medical research (6th edition). Bristol (Longman).

FRY F.-E.-J., 1949. Statistics of a lake trout fishery. *Biometrics 5*: 27-67.

HEER J. DE, 1984. Etude de l'environnement de la Vallée de Joux. Rapport final. EPFL-IGE.

HOLT S.-J., 1963. A method for determining gear selectivity and its application. *ICNAF Spec. Publ., No 5*: 106-115.

JUNGO 1984. Lac de Joux. Assainissement interne. Rapport d'évaluation.

KIRCHHOFER A., 1995. Growth characteristics of coregonid populations in three lakes with different trophic states and decreasing nutrient concentrations. *Arch. Hydrobiol. Spec. Issues Advanc. Limnol. 46*: 61-70.

KOTTELAT M., 1997. European freshwater fishes. *Biologia 52/Suppl. 5*:1-271.

LANG B., 1981. Les corégones du lac de Joux: résultats préliminaires. Conservation de la faune du Canton de Vaud. Rapport interne non publié. 7 p.

LANG B., 1984. Pêche et biologie de la palée au lac de Joux de 1981 à 1983. Conservation de la faune du Canton de Vaud. Rapport interne non publié. 4 p.

LANG B., 1988. Cycles d'abondance des corégones (*Coregonus* sp.) du lac de Joux. Dynamique de pêche et analyse biostatistique. Conservation de la faune du Canton de Vaud. Rapport interne non publié. 12 p.

LANG B., 1993. Abondance et croissance de la palée et de la perche du lac de Joux: évaluation de méthodes empiriques. Conservation de la faune du Canton de Vaud. Rapport interne non publié. 11 p.

LANG B., 1995. Evolution du stock de palées dans le lac de Joux suivie à partir de la pêche des reproducteurs de 1972 à 1994. Conservation de la faune du Canton de Vaud. Rapport interne non publié. 10 p.

LANG B. and LANG C., 1986. Coregonid fish: key predators on in a eutrophic lake? *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol. 22*: 353-361.

LANG C. ET REYMOND O., 1994. Trends in phytoplanktonic and zoobenthic communities after the decrease of phosphorus concentrations in Lake Joux. *Revue suisse Zool. 100*: 907-912.

LANG C., REYMOND O., STRAWCZYNSKI A. et VIOGET P., 1998. Evolution chimique et biologique du lac de Joux entre 1985 et 1997. Note commune du laboratoire d'hydrobiologie du Service des forêts, de la faune et de la nature et du laboratoire du Service des eaux et de la protection de l'environnement. Rapport interne non publié. 2 p.

LANGELAND A., 1986. Heavy exploitation of a dense resident population of Arctic char in a mountain lake in central Norway. *North Am. J. Fish. Man. 6*: 519-525.

NÜMANN W., 1973. Versuch einer Begründung für den Wandel in der qualitativen und quantitativen Zusammensetzung des Fischbestandes im Bodensee während der letzten 60 Jahre und ein Bewertung der Besatzmassnahmen. *Schweiz. Z. Hydrol. 35*: 206-238.

PEDROLI J.-C., 1983. Les corégones du lac de Neuchâtel: rendement de la pêche, âge et croissance des individus capturés par les pêcheurs professionnels. *Schweiz. Z. Hydrol. 45*: 145-358.

PORCHET F., 1947. Le réempoissonnement du Léman en corégones. *Bull. Soc. vaud. Sc. nat. 63*: 427-437.

SEPE et SFFN, 1995. Amélioration de l'état chimique et biologique du lac de Joux entre 1985 et 1995. Rapport de synthèse. Service des eaux et de la protection de l'environnement du canton de Vaud et Service des forêts, de la faune et de la nature du canton de Vaud. 15 p.

TESCH F. W., 1968. Age and growth. *In*: Fish production in fresh waters, RICKER W.E. (Ed.). Blackwell, London: 93-123.

RICKER W.-E., 1975. Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. of the fisheries res. board of Canada 191*. 382 p.

Manuscrit reçu le 28 octobre 1999