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

UNIVERSITÉ HENRI POINCARÉ, NANCY-I

U.F.R : Sciences et Techniques Biologiques

Laboratoire de Biologie Appliquée / Aquarium du Musée de Zoologie

BIBLIOTHÈQUE UNIVERSITÉ NANCY 1 SCIENCES

THÈSE

présentée à l'Université Henri Poincaré, Nancy-I

en vue de l'obtention du titre de :

DOCTEUR DE L'UNIVERSITÉ DE NANCY-I

Spécialité : Biologie des organismes

par

Lakhdar TAMAZOUZT

L'ALIMENTATION ARTIFICIELLE DE LA PERCHE *Perca fluviatilis* EN MILIEUX CONFINÉS (EAU RECYCLÉE, CAGE FLOTTANTE) :

INCIDENCE SUR LA SURVIE, LA CROISSANCE ET LA COMPOSITION CORPORELLE

Soutenue publiquement le 12 juin 1995 devant la commission d'examen composée de :

M. Roland BILLARD (Président)
M. Patrick KESTEMONT (Rapporteur)
M. Claude LERAY (Rapporteur)
Mlle Béatrice CHATAIN (Examinatrice)
M. Jean-Claude PIHAN (Examinateur)
M. Denis TERVER (Directeur de Thèse)
M. André GEORGES (Membre invité)

ECOLE DOCTORALE BIOLOGIE ET SANTÉ DE NANCY

REMERCIEMENTS

Cette étude a été financée en partie par le Service Scientifique et de Coopération de l'Ambassade de France en Algérie.

Les travaux ont été réalisés au Laboratoire de Biologie Appliquée (Université Henri Poincaré, Nancy I) dirigé par M. André Georges, Professeur Émérite, à qui j'adresse mes plus vifs remerciements pour ses encouragements, ses conseils dans l'élaboration de cette thèse et son amitié.

J'adresse tout particulièrement ma profonde reconnaissance à M. Denis Terver, Maître de Conférence, Directeur-adjoint du Musée de Zoologie et de son Aquarium Tropical, pour l'obligeance qu'il m'a toujours témoignée et ses précieuses directives.

Je souhaite exprimer toute ma gratitude à M. Roland Billard, Professeur au Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris, Directeur du Laboratoire d'Ichtyologie pour ses conseils judicieux avant la rédaction finale de ce document et pour m'avoir fait l'honneur de présider le jury.

C'est avec grand plaisir que je remercie M. Claude Leray, Directeur de recherche au C.N.R.S pour les analyses biochimiques et ses suggestions sur ce qui concerne les acides gras ainsi que Mlle Béatrice Chatain, responsable du Laboratoire de Génétique des poissons (IFREMER), pour son aide dans le traitement statistique et ses commentaires dans le chapitre III, qu'ils trouvent ici l'expression de ma respectueuse considération pour avoir accepté de juger ce travail.

Mes sincères remerciements vont également à M. Patrick Kestemont, Maître de Conférence, Université de Namur (Belgique), Membre du Comité à la Société Européenne d'Aquaculture et M. Jean-Claude Pihan, Professeur au CREUM de l'Université de Metz, pour avoir accepté de participer à l'évaluation de cette thèse, en dépit de leur nombreuses occupations en cette période de l'année.

C'est avec bienveillance que M. Bruno Condé, Professeur Émérite, Directeur du Musée de Zoologie et de son Aquarium Tropical, a répondu à chacune de mes sollicitations. Je l'en remercie vivement.

J'associe à ces remerciements toutes les personnes scientifiques qui m'ont aidé. Je remercie tout particulièrement Pierre Bergot, Didier Dessor, Jean Paul Dubois, Anne-Marie Escaffre et Xavier Pelletier.

Mes remerciements vont également à M. Bruno Capdeville, Directeur du Centre Piscicole Départemental de Lindre, pour son étroite collaboration ainsi qu'à l'ensemble du personnel, pour toute leur sympathie et leur contribution à l'approvisionnement en poissons.

Parallèlement, ma sincère reconnaissance va à l'ensemble du personnel du Musée de Zoologie et de son Aquarium Tropical pour leur amabilité et leur amitié, ainsi que leur contribution à l'installation du matériel expérimental.

Ma reconnaissance va aussi à mes collègues et amis Bruno Alenda, Frédérique Moser, Isdy Sulistyo et Marielle Thomas pour toute leur aide et leurs encouragements de chaque instant. Je ne saurais oublier le dévouement amical et le précieux concours apporté par Pascal Fontaine, tout au long de mes travaux, qu'il trouve ici ma profonde gratitude.

Je tiens à exprimer mes sincères remerciements aux familles Fontaine, Hassaci et Maouche qui ont contribué par leur soutien et leur générosité à rendre agréable mon séjour en France.

Enfin, que chaque membre de ma famille ainsi que tous mes amis trouvent ici un témoignage de mon intime sensibilité à leur soutien inconditionnel.

TABLES DES MATIERES

pages

REMERCIEMENTS 2

TABLES DES MATIÈRES 4

RÉSUMÉ 8

ABSTRACT 9

INTRODUCTION GÉNÉRALE 10

PREMIÈRE PARTIE

CHAPITRE I : MATÉRIEL ET MÉTHODES GÉNÉRALES 17

1.1. Origine des poissons 18
1.2. Structures d'élevage 18
a. Élevage larvaire 18
b. Élevage des juvéniles 18
. Circuit fermé 18
. Cages flottantes 20

1.3. Composition des aliments 24
1.4. Physico-chimie de l'eau 25
1.5. Composition corporelle et méthodes d'analyse 25
1.6. Méthodes de calcul des paramètres biologiques 25
a. Survie 25
b. Croissance 26

DEUXIEME PARTIE

ALIMENTATION LARVAIRE

CHAPITRE II : EFFET DE LA GRANULOMÉTRIE D'UN ALIMENT ARTIFICIEL SUR LA CROISSANCE ET LA SURVIE DES LARVES DE PERCHES ÉLEVÉES EN MILIEU CONTRÔLÉ : INCIDENCE SUR LA COMPOSITION CORPORELLE.....29

2.1. Introduction.....30
2.2. Matériel et méthodes.....31
a. Matériel biologique, techniques d'élevage.....31
b. Dispositif d'élevage.....31
c. Échantillonnages et méthodes d'analyse.....32
. Détermination de la composition corporelle.....33
d. Analyse statistique.....33
2.3. Résultats.....34
a. Survie.....34
b. Croissance.....35
c. Composition corporelle.....37

2.4. Discussion.....42

CHAPITRE III : EFFET DE LA COULEUR INTERNE DES BASSINS D'ÉLEVAGE ET DE L'INTENSITÉ LUMINEUSE SUR LA CROISSANCE ET LA SURVIE DES LARVES.....47

3.1. Introduction.....48
3.2. Matériel et méthodes.....49
a. Dispositif d'élevage.....49
b. Matériel biologique et techniques d'élevage.....50
c. Observations et échantillonnages.....51
d. Analyse statistique.....51
3.3. Résultats.....51
a. Physico-chimie.....51
b. Comportement.....52
c. Survie.....52

d. Croissance 54

3.4. Discussion 58

TROISIEME PARTIE

SEVRAGE ET GROSSISSEMENT DES PERCHES (0^+ ET 1^+)

CHAPITRE IV : EFFETS DU TYPE D'ALIMENT (FOIE DE BOEUF, ALIMENT HYDRATÉ, POISSON FOURRAGE ET ALIMENT SEC) SUR LA SURVIE ET LA CROISSANCE DES PERCHES EN CIRCUIT FERMÉ..... 62

4.1. Introduction..... 63
4.2. Matériel et méthodes 64
a. Protocole général 64
b. Expérience 1 66
c. Expérience 2 66
d. Expérience 3 67
e. Analyse statistique 67
4.3. Résultats 67
a. Expérience 1 67
b. Expérience 2 68
c. Expérience 3 68

4.4. Discussion 72

CHAPITRE V : EFFET DU RATIONNEMENT ALIMENTAIRE SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES (SURVIE, CROISSANCE) ET SUR LA COMPOSITION CORPORELLE DE LA PERCHE ÉLEVÉE EN CIRCUIT FERMÉ 75

5.1. Introduction..... 76
5.2. Matériel et méthodes 77
a. Matériel biologique 77
b. Alimentation 77
c. Échantillonnages et méthodes d'analyse 77

. Croissance 77
. Composition corporelle et indices morpho-anatomiques 78
. Analyse statistique 78

5.3. Résultats 78
a. Physico-chimie 78
b. Survie et croissance 80
c. Indices morpho-anatomiques 84
d. Composition corporelle 85
5.4. Discussion 86

CHAPITRE VI : EFFET DU RATIONNEMENT ALIMENTAIRE SUR LES PERFORMANCES ZOOTECHNIQUES ET LA COMPOSITION CORPORELLE DE LA PERCHE ÉLEVÉE EN CAGE FLOTTANTE : COMPARAISON AVEC LES DONNÉES OBTENUES EN CIRCUIT FERMÉ 90

6.1. Introduction 91
6.2. Site d'élevage 92
6.3. Matériel et méthodes 92
a. Échantillonages 94
b. Analyse des contenus stomacaux 94
c. Analyse statistique 95
6.3. Résultats 95
a. Survie et croissance 95
b. Indices gonadosomatique et hépatosomatique 101
c. Composition corporelle 102
6.4. Discussion 104

DISCUSSION ET CONCLUSION GÉNÉRALES 108

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES 113

L'ALIMENTATION ARTIFICIELLE DE LA PERCHE *Perca fluviatilis* EN MILIEUX CONFINÉS (EAU RECYCLÉE, CAGE FLOTTANTE) : INCIDENCE SUR LA SURVIE, LA CROISSANCE ET LA COMPOSITION CORPORELLE

RÉSUMÉ.

Au cours de cette étude sur l'alimentation artificielle de la perche *Perca fluviatilis* élevée en milieu contrôlé, nous avons précisé l'intérêt aquacole de ses potentialités zootechniques et mis en évidence que :

Les larves acceptent une alimentation composée pendant les 15 premiers jours de leur vie avec un taux de survie maximal de 26%. Au terme de cette phase, elles pèsent entre 2 et 3 mg et mesurent plus de 8 mm.

Pendant les 10 jours qui suivent l'éclosion, une distribution des particules alimentaires d'une taille inférieure à 125 μm, améliore les taux de croissance et de survie des larves. Au-delà de cette période, aucune larve ne survit sans apport de nourriture exogène.

Ces aliments semblent mieux détectés dans des bassins à parois internes claires et sous un éclairage de 800 lux.

Pour les juvéniles préalablement élevés en étang, l'adaptation à leur nouveau milieu est intimement liée à la nature de l'alimentation. Une phase transitoire à base de foie de boeuf haché double le taux de survie de ces perches par rapport à un passage direct à l'aliment artificiel. Préalablement réhydraté, ce dernier induit également une meilleure croissance pondérale. Une ration journalière de 2% du poids vif convient pour une bonne croissance des perches (20-22g) élevées à 18-20 °C en circuit fermé; elle engendre cependant une élevation du coefficient de variation pondéral, lui-même lié au dimorphisme sexuel.

Des taux de rationnement de 4 et 6% n'améliorent ni la croissance, ni la composition corporelle des perches. Ils induisent de surcroît une pollution du milieu.

En cage flottante, une ration de 3% semble plus appropriée. Quoi qu'il en soit, les gains de poids des perches élevées en circuit fermé ou en cages flottantes ne sont pas significativement différents. Chez les perches élevées en cages, l'induction gonadosomatique est essentiellement attribuée à la variation de température. Le déclenchement de la maturité sexuelle provoque une involution des indices hépatosomatiques et modifie la composition corporelle. Les perches élevées en circuit fermé sont plus riches en triglycérides et plus pauvres en phospholipides et en protéines que celles issues des cages.

Mots-clés : *Perca fluviatilis*, aliment artificiel, élevage larvaire, grossissement, sevrage, rationnement, composition corporelle, dimorphisme sexuel, circuit fermé, cage flottante.

ARTIFICIAL FEEDING OF PERCH *Perca fluviatilis* IN CONFINED ENVIRONMENTS (RECIRCULATING WATER, FLOATTING CAGE) : EFFECT ON SURVIVAL, GROWTH, AND BODY COMPOSITION

ABSTRACT

The study on pelleted diet of perch *Perca fluviatilis* reared in controlled environment developes some aquaculture interests of zootechnical performances and finds that :

Larvae accepted an artificial diet during 15 first days after hatching with a maximal survival rate of 26%. At the end of this period, they weighted 2 to 3 mg and lenghted over of 8 mm. During the 10 first days of their life, particle size inferior to 125 μm improved growth and survival rates of larvae. Beyond, no larva could survive without exogenous feeding distribution. Larvae localized better if tank walls were clear and lighting 800 lux.

Previously reared in pond, juveniles adaptation to their new environment defended on feeding type. A transitor feeding on beef liver double survival rate when compare to perch directly fed on dry diet. The later was better accepted after hydration.

2% daily ration was adequate to a favourable growth of perch (20-22 g) reared in closed system at 18-20 °C. However, it enhanced the weight coefficient of variation related to sexual dimorphism, *i.e.*, females grew faster than males.

Feeding levels of 4 and 6% neither improved growth nor body composition but induced water pollution.

In floatting cage, 3% feeding level was more appropriated. Nevertheless, whatever the conditions were, weight gain of perch reared in closed circuit or in floating cage was not significatively different.

In perch reared in cages, gonado-somatic induction was essentielly attributed to variation of temperature. Sexual maturity triggering resulted in a regression of hepato-somatic index and a modification of fish body composition. Perch bred in closed system had a higher triacylglycerol fraction but a lower phospholipid and protein content than the perch raised in cages.

Key-words : *Perca fluviatilis*, artificial diet, larval rearing, growth, weaning, feeding level, body composition, sexual dimorphism, closed system, floatting cage.

INTRODUCTION GENERALE

La pisciculture intensive a besoin de diversifier ses productions, car actuellement les marchés des produits d'élevages traditionnels (Salmonidés) sont saturés (Colleter, 1992). Dans cette optique, la perche commune *Perca fluviatilis* présente de réelles perspectives de développement (Fontaine *et al.*, 1993). L'un des principaux objectifs notamment de la Filière Lorraine d'Aquaculture Continentale (F.L.A.C.) est de promouvoir une filière "**perche**".

En Lorraine, la perche commune (*Perca fluviatilis* L., 1758.) se positionne maintenant comme une véritable voie de diversification pour l'aquaculture continentale. Elle intéresse fortement les pisciculteurs, et cela d'autant plus que des essais récents ont démontré sa remarquable acceptation du confinement, en circuit fermé et en cage flottante (Tamazouzt *et al.*, 1993a). Ces essais préliminaires montrent que les perches attaquent l'aliment artificiel après une phase d'adaptation de 32 jours. Leur comportement alimentaire est semblable à celui des Salmonidés. A partir d'individus de 20g, les perches nourries exclusivement d'aliment composé atteignent une taille marchande de 150 g après 7 mois d'élevage .

Comme la majorité des carnassiers, elle suscite un vif intérêt pour la consommation et la pêche sportive. Son aptitude à la transformation (filetage) lui confère un attrait supplémentaire. D'un point de vue économique, la perche est un produit à haute valeur ajoutée (Gagnaire, 1988; Tamazouzt *et al.*, 1993b). Ces constatations ont conduit à son introduction dans différentes régions du monde : Açores, Afrique du Sud, Tasmanie, Nouvelle-Zélande, Australie, Lac Victoria, Nouvelle-Galles du Sud et Maroc (Collette et Bånårescu, 1977; Weatherley, 1977; Goubier *et al.*, 1983; Craig, 1987; Moulish, 1989). Son classement parmi les espèces susceptibles de constituer une réelle voie de diversification pour l'aquaculture continentale a été proposé lors d'une conférence mondiale sur l'aquaculture des espèces d'eau douce, hors Salmonidés, (24-27 Mai 1993, Torremolinos, Espagne). Cependant, ces perspectives attrayantes ne doivent pas masquer les réalités zootechniques. En effet, très peu de travaux traitent de la gestion des peuplements piscicoles naturels ou de la maîtrise du cycle de développement de cette espèce.

La perche commune est un prédateur pélagique des eaux peu profondes qui se déplace en bancs (Klemetsen, 1973; Dalimier *et al.*, 1982; Craig, 1987). On la trouve en Europe et en Asie, elle est l'une des espèces dulcicoles les plus caractéristiques de la faune ichtyologique des eaux d'Europe occidentale (Dalimier et Voss, 1982; Craig, 1987).

Elle est aussi abondante dans les eaux légèrement salées des estuaires (10 ‰) et dans la Mer Baltique (Collette *et al.*, 1977; Karås, 1987). Sa distribution s'étend des pays méditerranéens à la Scandinavie et la Sibérie. Toutefois, cette espèce est absente des eaux écossaises et ibériques. Elle fait défaut également dans le sud de l'Italie, sur la côte adriatique de l'ex Yougoslavie, en Albanie et en Grèce (Thorpe, 1977b; Hoestlandt, 1979).

Sur le plan systématique, *Perca fluviatilis* appartient à l'ordre des perciformes, qui comprend bon nombre d'espèces intéressant l'aquaculture : le bar, le black bass, la dorade, le tilapia... . Le genre *Perca* comprend trois espèces : *P. fluviatilis*, *P. flavescens* (limitée à l'Amérique du Nord) et *P. schrenki* (limitée au lac Balkhash dans le Kazakhstan) (Collette et Bånårescu, 1977; Thorpe, 1977b; Hoestlandt, 1979). Seules les deux premières espèces sont intéressantes pour l'aquaculture et biologiquement très comparables (Thorpe, 1977b). Collette et Bånårescu (1977) signalent toutefois quelques différences ostéologiques distinguant ces deux espèces. Goubier et Marchandise (1990) précisent la taxonomie des Percidés tandis que les caractéristiques biologiques de cette famille sont succintement décrites par Collette *et al.*, (1977).

L'acquisition de la maturité sexuelle de *P. fluviatilis* varie en fonction des biotopes et des peuplements (Treasurer, 1981). Dans les eaux françaises, elle intervient en général après un à deux étés pour les mâles (0^+ et 1^+), soit une longueur de 7 à 12 cm, et deux à trois ans pour les femelles, soit une longueur de 12 à 20 cm (Hoestlandt, 1979; Jamet et Desmolles, 1994). La ponte a lieu au printemps (mars - juin) après une période hivernale de 160 jours à une température inférieure à 10°C (Hokanson, 1977; Craig, 1987). Les oeufs sont accolés les uns aux autres et forment un ruban avec des replis en zig-zag.

Les larves sont pélagiques et planctonophages, puis au cours de leur développement deviennent benthonophages et enfin icthyophages (Jezierska, 1974; Chodorowska et Chodorowski, 1975; Craig, 1987).

La production européenne de perches est presque exclusivement issue d'une exploitation halieutique (pêcheurs professionnels) plus au moins intensive en lacs ou en grands bassins fluviaux. Seules certaines régions piscicoles françaises (Lorraine, Forez...) ainsi que la Pologne, la Roumanie et la Belgique produisent de la perche, essentiellement au titre de carnassier d'accompagnement, dans le cadre d'authentiques élevages piscicoles en étangs (Tamazouzt *et al.*, 1993b). Cependant la production reste très modeste (10 tonnes en Lorraine en 1992) et saisonnière (automne).

Les captures halieutiques demeurent irrégulières et ces dernières années le tonnage tend à diminuer dans un certain nombre de pays (Biró, 1977; Gagnaire, 1988; Karås et Thoresson, 1992; Wang, 1994). Il en résulte une production souvent aléatoire.

Les facteurs environnementaux (pollution, disponibilité alimentaire, climat) et la mauvaise gestion des stocks naturels, qui induisent une surexploitation, en sont les principales causes. Biró (1977), Hoestlandt (1980) et Chappaz *et al.* (1989), évoquent aussi des problèmes de concurrence interspécifique, de nanisme et de mortalité à partir de la deuxième année, comme facteurs limitants du développement de la production de perches fluviatiles. Plus encore le cannibalisme, auquel s'ajoutent la difficulté d'adaptation à l'alimentation composée (sevrage) et la non maîtrise de la reproduction artificielle, découragent *a priori* fortement les investigations et *a fortiori* l'essor d'une pisciculture intensive de l'espèce.

Ces dernières années, quelques essais de reproduction semi-contrôlée ont été effectués avec succès. Goubier et Marchandise (1990), Vlavonou (1991) et Tamazouzt *et al.* (1994) ont obtenu la reproduction de géniteurs en milieu confiné avec une évolution naturelle des facteurs environnementaux, et Flajshans et Condor (1989) pratiquent le stripping pour induire la ponte sans administration préalable d'hormones stimulatrices. Goubier et Marchandise (1990) ont échoué dans leurs tentatives de reproduction artificielle à partir d'injections d'hormone gonadotrope (GTH : 0,23 UI / g de femelle) telles qu'elles sont pratiquées sur la perchaude *P. flavescens* (Kayes, 1978; Dabrowski *et al.*, 1994). Il est tout de même plus aisé d'obtenir des pontes spontanées à partir de géniteurs sauvages maintenus en captivité. Afin de décaler la période de reproduction, dont l'annualité est souvent un problème pour l'aquaculture, Tamazouzt *et al.* (1994) ont établi un programme thermo-photopériodique artificiel. Au terme de cette expérience d'une durée de 7 mois, les mâles libèrent du sperme après pression des flancs mais aucune ponte n'est émise.

Les études sur la zootechnie de la perche ont été focalisées principalement sur la biométrie et la croissance en milieu naturel (Le Cren, 1951; 1958; 1992; Chodorowski et Chodorowska, 1975; Hokanson, 1977; Hartmann, 1983; Craig, 1987; Chappaz *et al.*, 1989; Karås, 1990; Simonovic et Jovanovic, 1993; Houthuijzen *et al.*, 1993; Flesch *et al.*, 1994a; Wang et Eckmann, 1994). On déplore en revanche la rareté des données traitant des potentialités d'élevage de *P. fluviatilis* en milieu semi-contrôlé ou contrôlé. Seuls sont connus quelques essais de grossissement de juvéniles avec une alimentation naturelle (Jezierska, 1974) et une tentative de fertilisation organique pour favoriser la croissance d'alevins en monoculture (Mélard et Philippart, 1984).

Très récemment, Mélard *et al.* (1994) a tenté un élevage post-larvaire à très haute densité (230 à 4000 larves/m^2) en "bassins-bâchés" fertilisés (10 m^2) avec un apport d'aliment artificiel, sur des individus d'un poids moyen de 1,5 mg.

Il en résulte un meilleur taux de survie dans les bassins à forte densité et le taux de mortalité attribué au cannibalisme baisse. Inversement, les performances de croissance diminuent avec la charge.

Tamazouzt et Capdeville (1994) ont montré sur des juvéniles d'un poids individuel de 0,5 g préalablement élevés en étang, que la perche commune s'adapte à une alimentation composée avec un taux de survie de 26 %, après une phase transitoire de 4 jours à l'aide de daphnies congelées.
L'attention des chercheurs, au cours de ces deux dernières années, s'est essentiellement portée sur la première alimentation exogène des larves de *P. fluviatilis* nourries uniquement avec des proies vivantes (Awaiss *et al.*, 1992; Ribi, 1992; Wang, 1994; Bein et Ribi, 1994) ou mélangées à un aliment composé (Awaiss *et al.*, 1992). On montre ainsi qu'une alimentation à base de rotifères vivants, comme première nourriture, est adéquate pour les larves de perches (Awaiss *et al.*, 1992; Wang, 1994). Afin d'améliorer la survie et le développement des jeunes perches, Ribi (1992) et Bein et Ribi (1994) sont convaincus de la nécessité d'élever les larves dans de l'eau légèrement salée (0,6 à 4,8 ‰).

Contrairement à celle de la perche européenne (*P. fluviatilis*), la production en milieu confiné de la perchaude *P. flavescens* a fait l'objet de nombreux travaux. Ils montrent sur des juvéniles sauvages, que ce poisson s'adapte avec succès à une alimentation artificielle (Huh *et al.*, 1976; Calbert, 1978; West, 1978; West et Leonard, 1978; Schott *et al.*, 1978; Best, 1981; Heidinger et Kayes, 1986; Malison et Held, 1992). Par contre, la problématique de l'élevage de la perchaude, de l'oeuf à l'état adulte (Mansuetti, 1964), demeure posée. L'ensemble des auteurs américains (Hale et carlson, 1972; Calbert, 1977; Kayes, 1978; West et Leonard, 1978; Best, 1981) estiment que l'aliment artificiel ne peut pas être utilisé dès l'éclosion. Une taille minimale de 13 mm pour un poids de 0,38 g est recommandée par Heidinger et Kayes (1986), pour débuter l'alimentation artificielle. Malison et Held, (1992) attribuent la difficulté d'élever cette espèce en conditions artificielles aux facteurs biologiques (espèce à petit oeuf, 2,2 mm), à la taille initiale lors de la capture qui doit être supérieure à 16 mm, à la densité de stockage et aux paramètres abiotiques tels que la température, la qualité de l'eau et l'éclairage des bassins d'élevage.

Dans le milieu naturel, la localisation et la capture des proies par les larves de poissons dépendent essentiellement de l'acuité visuelle, du mouvement et du contraste entre les proies et l'environnement. Enfin, la capacité d'ingestion et de digestion de ces organismes est intimement liée au rapport existant entre la taille de la bouche et celle des proies.

Si certains de ces facteurs ne peuvent guère être maîtrisés, par contre la taille des particules alimentaires, l'éclairage, la coloration des parois des bassins peuvent être optimisés pour favoriser le contraste dans une pisciculture.

Jusqu'à présent, aucune étude approfondie sur l'élevage de *P. fluviatilis* nourrie exclusivement d'aliment artificiel n'a été réalisée. Les élevages entrepris par Goubier et Marchandise (1990) et Vlavonou (1991) s'appuient sur des conditions déterminées lors de travaux sur *P. flavescens*. Il est toutefois possible que les exigences des deux espèces ne soient pas totalement identiques; il semblerait d'ailleurs que *P. flavescens* soit plus facile à élever dans un environnement contrôlé que *P. fluviatilis* (Dabrowski, 1993, comm. pers.). En outre, rares sont les recherches qui traitent spécifiquement des besoins nutritionnels, notamment lipidiques, y compris chez *P. flavescens* (Dabrowski *et al.*, 1993). La connaissance de la composition corporelle en général, et en acides gras en particulier, permettrait une première estimation des besoins nutritionnels de la perche commune en milieu confiné.

Le présent travail constitue une contribution du Laboratoire de Biologie Appliquée au développement et à la promotion d'une filière perche en région Lorraine. Son objectif est d'étudier les principaux facteurs influençant l'acceptation d'une alimentation composée par la perche *P. fluviatilis* en milieu confiné et son incidence sur sa croissance et sa composition corporelle. Nous nous intéressons à deux phases physiologiques du poisson :

- le stade larvaire, un des maillons primordiaux d'un cycle d'élevage intensif
- le stade (0^+ et 1^+). A cet âge, les perches ont une croissance lente et servent le plus souvent de poisson fourrage pour les autres carnassiers (Chodorowska et Chodorowski, 1975; Craig, 1977). Leur valorisation en milieu contrôlé nous paraît par conséquent tout à fait opportune.

La synthèse bibliographique consacrée à la connaissance actuelle de la biologie et de la production de la perche est suivie d'une présentation des conditions et méthodes générales d'analyses utilisées durant cette étude (Chapitre I).

Le plan des expériences se présente en cinq chapitres suivants :

Chapitre II : Alimentation larvaire, effet de la granulométrie d'un aliment artificiel sur la survie et la croissance des larves de perches élevées en milieu contrôlé : incidence sur la composition corporelle.

Chapitre III : Alimentation larvaire, effet de l'interaction entre l'intensité lumineuse et la couleur des parois internes des bassins d'élevage sur la croissance et la survie.

Chapitre IV : Sevrage des perches (0^+ et 1^+), effets du type d'aliment (foie de boeuf, aliment hydraté, poisson fourrage ou aliment sec) sur la survie et la croissance des perches en circuit fermé.

Chapitre V: Alimentation des perches (0^+ et 1^+), effet du rationnement alimentaire sur les performances zootechniques (survie, croissance) et la composition corporelle de la perche *Perca fluviatilis* élevée en circuit fermé.

Chapitre VI : Alimentation de perches (0^+ et 1^+), effet du rationnement alimentaire sur les performances zootechniques et la composition corporelle de la perche *Perca fluviatilis* élevée en cages flottantes : comparaison avec les données obtenues en circuit fermé.

PREMIERE PARTIE

CHAPITRE I

Matériel et méthodes générales

1.1 - ORIGINE DES POISSONS

Des larves de quelques heures après l'éclosion massive et des juvéniles de 3 à 20 g ont été utilisés dans cette étude.

Les larves sont issues, soit de pontes de géniteurs captifs du Centre Piscicole du Domaine de Lindre (Moselle), soit des rubans d'oeufs récoltés dans le lac Léman (INRA, Thonon-les-Bains).

Les juvéniles (0^+ et 1^+) sont capturés avec l'ensemble des poissons, lors de la vidange annuelle de l'étang de Lindre. Ils sont ensuite séparés des autres espèces et triés à l'aide d'une "table de tri" selon la prédominance de taille. Les perches sont transférées au laboratoire dans des cuves d'eau bien oxygénée par un camion de transport de poissons. Après sevrage, ces mêmes poissons ont servi pour les expériences de grossissement.

La détermination de l'âge de nos poissons est basée sur le recrutement des spécimens après la vidange de l'étang de Lindre. En effet, le repeuplement se fait essentiellement par les larves au printemps et par des poissons de l'année qui atteignent respectivement un été (0^+) et une année ou plus (1^+) en période de pêche.

1.2 - STRUCTURES D'ÉLEVAGE

a - ÉLEVAGE LARVAIRE

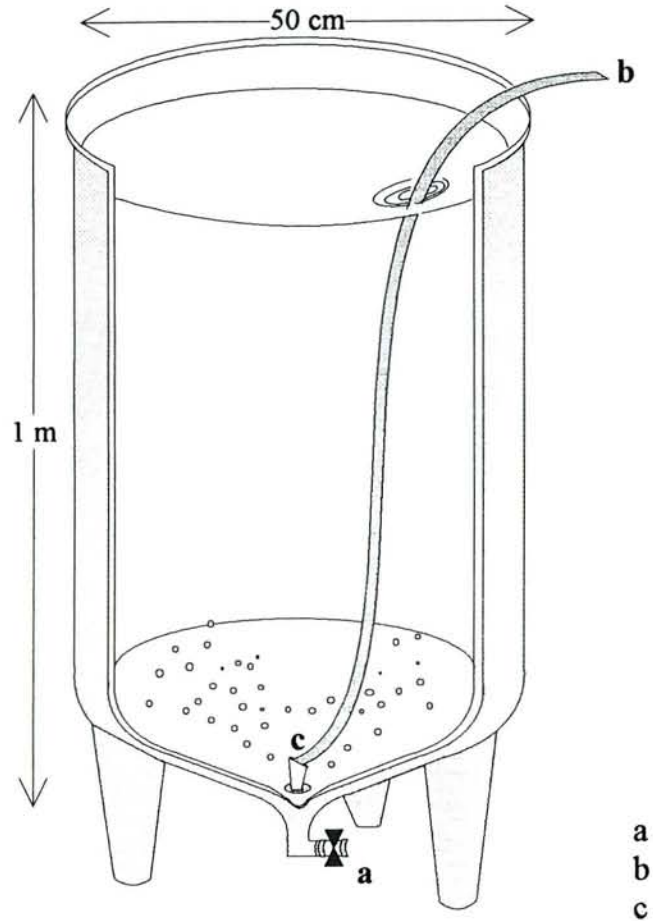
Les larves sont élevées dans des bassins cylindroconiques en polyester stratifié. Les parois internes sont enduites d'une résine polyester type "gel coat" gris. Chaque bassin est équipé d'un diffuseur d'air surpressé et d'une vanne de vidange. Deux types de bassins sont utilisés, avec les principales caractéristiques suivantes : 30 l de volume pour 47 cm de diamètre et 39 cm de profondeur (figure 1 B2) et 100 l de volume pour 1m de profondeur et 0,5 m de diamètre (figure 1 B1).

b - ÉLEVAGE DES JUVÉNILES

- Circuit fermé

Les lots sont élevés soit dans des bassins rectangulaires de 1750 l chacun (figure 2) avec vitre frontale, soit dans des bassins subcarrés de 450 l sans vitre frontale (figure 3). Les deux modèles sont en polyester stratifié et fonctionnent en circuit fermé selon des procédés et des techniques issus de l'aquariologie (Terver, 1979; Fontaine, 1994).

B 1



a - vanne de vidange
b - arrivée d'air
c - diffuseur d'oxygène

B 2

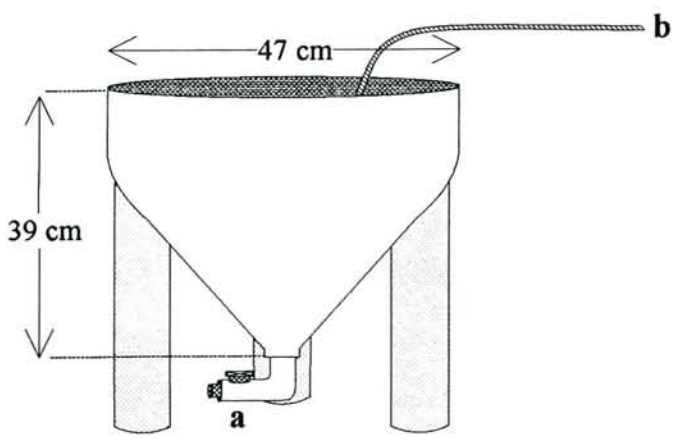


Figure 1 (B1 et B2). Structures d'élevage larvaire.

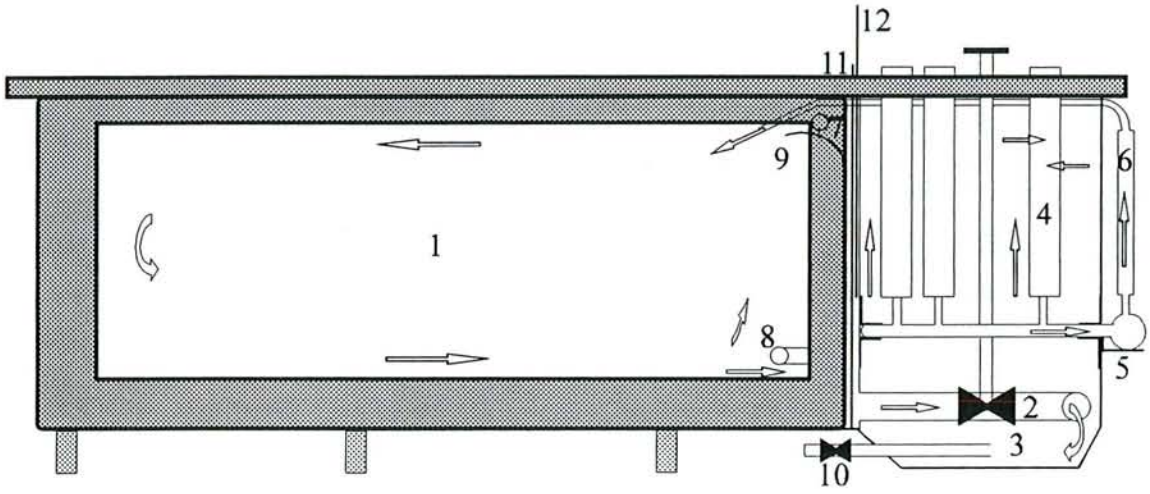
On distingue aisément sur les figures 2 et 3 le compartiment de traitement des effluents du volume utile empoissonné. Le fonctionnement de chaque unité d'élevage est basé sur les principes suivants :

- Circulation de l'eau obtenue par une électropompe centrifuge refoulante immergée ou non.
- Filtration mécanique et biologique basse pression sur un bloc cylindrique de mousse de polyuréthanne submergé (type filtren T 30), disposé verticalement.
- Purification microbienne par rayonnements UV (36 watts) germicides.
- Oxygénation par diffusion d'air surpressé.
- Thermorégulation à l'aide de résistances chauffantes thermostatées.
- Régulation de pH par adjonction de briquettes de carbonate disodique.

Schématiquement, après un transit dans le bac de décantation, l'effluent piscicole est filtré dans le compartiment de filtration. L'eau arrive ensuite dans le compartiment latéral où elle est refoulée dans le volume utile après stérilisation.

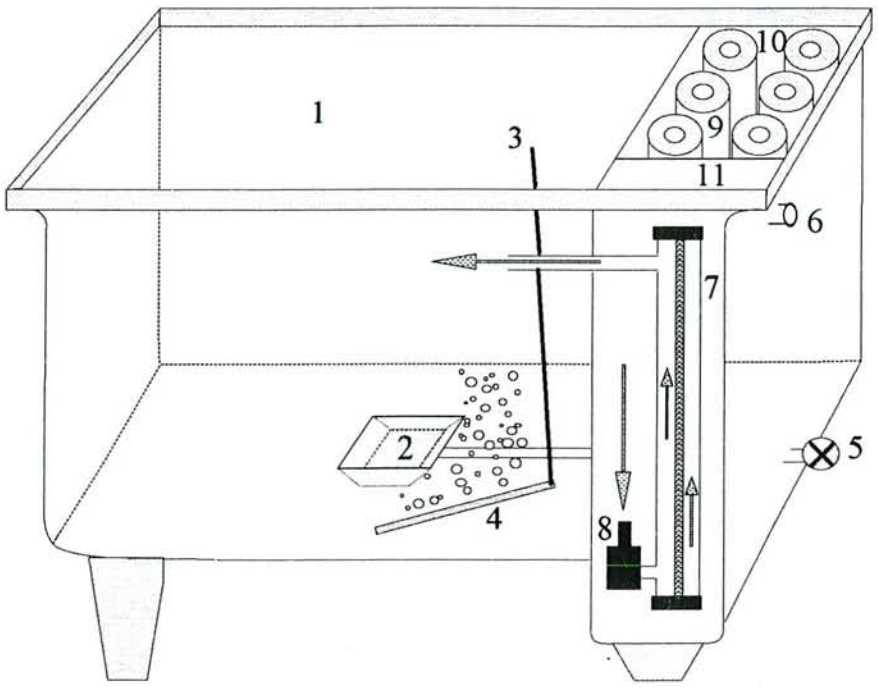
- Cages flottantes

Un ponton flottant de 9 m de long et 6 m de large, équipé de 6 cages de 12 m^3 (3 de chaque côté), est placé à 50 mètres de la digue où la profondeur de l'eau atteint 3 m. Ces cages sont construites à l'aide d'armatures métalliques (2,5 m x 2,5 m x 4 m) et sont immergées à 2 m de profondeur. Elles sont équipées de flotteurs et d'un portique qui soutient un deuxième cadre, auquel est accrochée une poche de filet (8 mm de maille). Quatre cages (3 mm de maille) de 1 m^3 environ (0,9 m x 0,9 m x 2 m), immergées quant à elles à 1,2 m de profondeur, viennent chacune s'insérer dans quatre autres de 12 m^3 (figure 4).



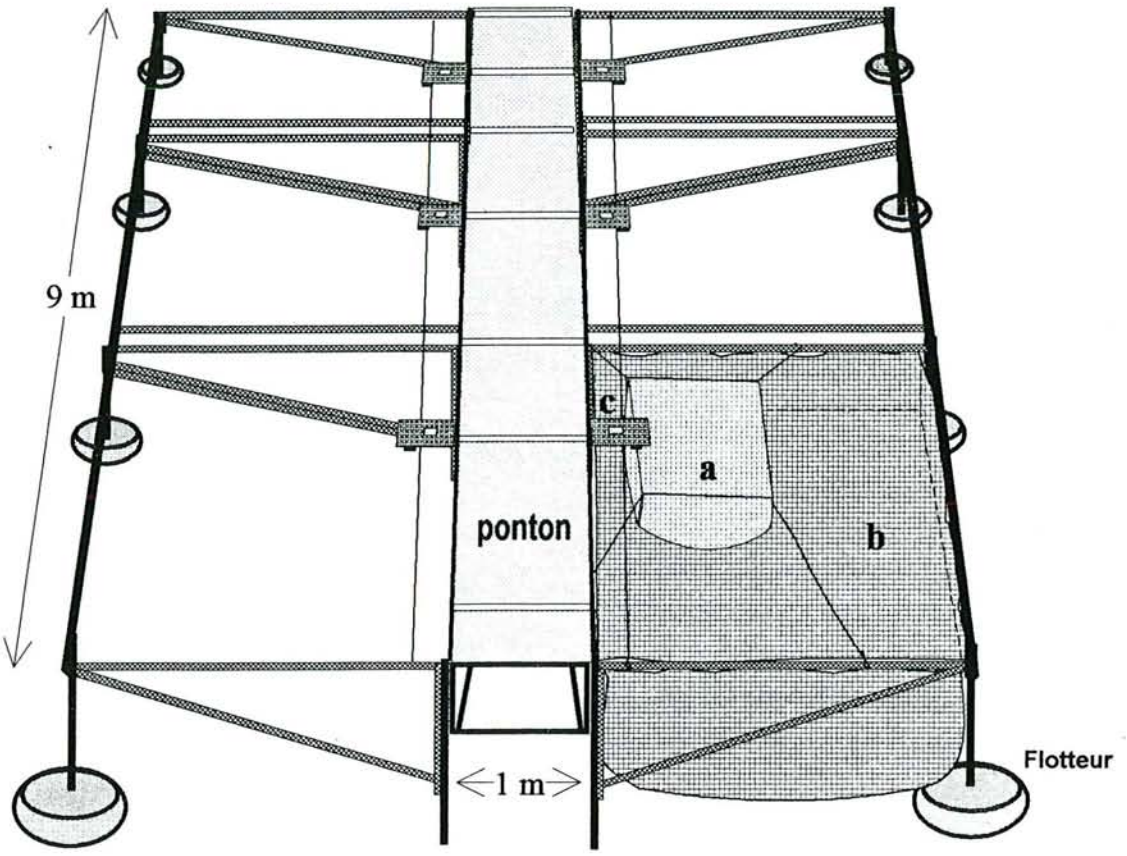
1 - Volume utile
2 - Vanne d'isolement du filtre
3 - Bac de décantation
4 - Filtration mécanique et biologique
5 - Pompe de circulation
6 - Stérilisation par rayonnement U.V.
7 - Trop-plein
8 - Diffuseur en inox fritté
9 - Déflecteur
10 - Vanne de vidange
11 - Plaque perforée
12 - Plaque pleine

Figure 2 . Principe de fonctionnement du type de bassin utilisé pour le sevrage



1 - Volume utile
2 - Bac de décantation
3 - Arrivée d'air
4 - Diffuseur en inox frité
5 - Vanne de vidange
6 - Trop-plein
7 - Stérilisation par rayonnement UV
8 - Pompe immergée
9 - Mousse de filtration
10 - Compartiment de filtration mécanique et biologique
11 - Compartiment latéral

Figure 3. Principe de fonctionnement du bassin de grossissement.



a - volume : 0,90m x 0,90m x 2m

b - volume : 2,5m x 2,5m x 4m

c - nourrisseur mécanique

Figure 4. Ponton flottant équipé de cages d'élevage.

1.3 - COMPOSITION DES ALIMENTS

Les compositions globales des aliments distribués pour les larves et pour les juvéniles sont présentées respectivement dans les tableaux 1 et 2.

Tableau 1. Composition de l'aliment Pican distribué aux larves.

Indications fournies par l'entreprise	
Composants	**Quantités**
Protéines brutes	50 %
Matières grasses brutes	10 %
Glucides	-
Cellulose	0,2 %
Humidité	4,0 %
Cendres brutes	6,0 %
Vitamine A	50000 UI/Kg
Vitamine D3	30000 UI/Kg
Vitamine E	400 mg/Kg
Vitamine C	1000 mg/Kg

Composition analytique effectuée au laboratoire (% de matière sèche).	
Humidité (% eau)	5,0
Matière Sèche (M.S)	95,0
Protéines brutes (N x 6,25)	50,7
Lipides Totaux (L T)	10,7
Phospholipides (% M S)	3,6
Triglycérides (% M S)	7,1
Cendres	5,3
Energie (kJ /g)	21,2

Tableau 2. Composition de l'aliment utilisé pour les juvéniles (miettes 1 Trouvit).

Indications fournies par l'entreprise Trouvit (France).	
Constituants : farine de poisson, concentré de protéines, soluble de poisson, farine de viande, de sang, tourteau de soja cuit, céréales cuites issues de blé, solubles de distillerie, huiles animales et végétales, sous-produits du lait, concentré minéral vitaminé.	
Composition chimique.	
Humidité	11,0 % au maximum
Matières minérales	11,0 % au maximum
Matières cellulosiques	2,0 % au maximum
Matières protéiques brutes	52,0 % au minimum
Matières grasses	8,5 % au minimum
Vitamines ajoutées pour 100 Kg.	
Vitamine A	2 400 000 U.I.
Vitamine D3	200 000 U.I.
Vitamine E	8 000 U.I.
Antioxydant incorporé : Ethoxyquine	

Composition analytique effectuée au laboratoire (% de matière sèche).	
Teneur en eau (%)	5,2
Lipides totaux	15,1
Protéines brutes (N x 6,25)	60,9
Phospholipides (% lipides totaux)	14,2
Triglycérides (% lipides totaux)	85,8
Cendres	9,3
Teneur énergétique (kJ/g)	21,2

1.4 - PHYSICO-CHIMIE DE L'EAU

Les relevés de la température, de l'oxygène dissous, du pH et de la conductivité sont généralement effectués tous les 2 jours, alors que les teneurs en composés azotés ($N\text{-}NH_4^+$, $N\text{-}NO_2^-$) sont mesurées 2 fois par semaine. Les teneurs en oxygène dissous et la température de l'eau sont relevées à l'aide d'un oxythermomètre YSI Model 50. La conductivité et le pH sont mesurés respectivement avec un conductivimètre YSI Model 33 et un pH-mètre de type Radiometer pHM 80. $N\text{-}NH_4^+$et $N\text{-}NO_2^-$ sont dosés par spectrophotométrie selon les méthodes de Berthelot, et de Griess et Caron (Rodier, 1984).

1.5 - COMPOSITION CHIMIQUE (POISSONS, ALIMENTS) ET MÉTHODES D'ANALYSE

Les composants chimiques des poissons et des aliments sont déterminés comme suit :

- Matière sèche : soit par lyophilisation, soit à l'étuve à 105 °C après 24 heures.
- Cendres : par calcination au four (600 °C) pendant 24 heures.
- Protéines brutes (N x 6,25) : par la méthode Kjeldahl.
- Lipides totaux : par la méthode de Folch *et al.* (1957). La purification des triglycérides est effectuée sur l'extrait lipidique sec total, par partition à partir d'un mélange hexane / méthanol / eau (20/10/1, V/V). La phase hexane est évaporée et l'extrait sec est transméthylé (Morrison et Smith, 1964) après addition d'acide heptadécanoïque comme étalon interne. Le profil des acides gras (AG) est obtenu par chromatographie en phase gazeuse (appareil chrompack 9000, colonne AT-Wax, Allteck), la quantité totale de triglycérides étant calculée par rapport à l'étalon interne. Les phospholipides contenus dans la phase hydro-alcoolique sont estimés par dosage du phosphore (Rouser *et al.* 1970).
- Energie : par mesure du contenu calorifique déterminé par la chaleur adiabatique de Parr.

1.6 - MÉTHODES DE CALCUL DES PARAMÈTRES BIOLOGIQUES

a - Survie

Dans les expériences sur l'élevage larvaire, la survie est estimée quotidiennement par un dénombrement des cadavres récupérés par purge et par siphonnage. Durant les premiers jours de leur vie, les perches sont très petites et translucides, d'où une difficulté de recensement. Afin de réduire d'éventuelles erreurs de comptage initial ou de dénombrement des larves mortes, tenant compte également des prélèvements, le taux de survie est calculé selon la méthode de Bergot *et al.*, (1986) :

$$\mathbf{Si = 100 \left(n1 / n0 \times n2 / n'1 \times ... \times ni / n'i\text{-}1 \right).}$$

Si = survie depuis le jour J0.
ni = nombre de poissons vivants le jour i (avant un éventuel prélèvement).
n'i-1= nombre de poissons vivants le jour i (après un éventuel prélèvement).

Pour les perches (0^+ et 1^+), les problèmes sus-cités ne se posent pas. Le taux de survie est donc obtenu par la formule suivante :

$$\mathbf{S = (Nf / Ni - P) \times 100.}$$

S = Survie en %.
Nf = Nombre de survivants final.
Ni = Nombre initial.
P = Prélèvement éventuel.

b - Croissance

L'évolution de la croissance pondérale et longitudinale est représentée par la moyenne de l'échantillonnage, déterminée à la suite de pesées et mesures individuelles.
Les larves sont pesées après séchage sur papier "Joseph" avec une balance analytique de précision 0,1 mg. Par contre, les juvéniles sont pesés à 0,1 g près et mesurés avec une précision de 0,1 cm.
La longueur totale des poissons est mesurée de l'extrémité de la mâchoire à l'extrémité de la nageoire caudale. Chez les larves, elle est obtenue sous loupe binoculaire (x 40). Les variables étudiées sont calculées selon les formules suivantes :

- **Coefficient de Variation (%)**
CV= 100 x (écart type / moyenne).

- **Erreur Standard**
ES= écart type / $n^{1/2}$; n= échantillon mesuré

- **Coefficient de Condition ou indice Pondéral**
K = 100 x (poids moyen / LT^3) ; LT= Longueur Totale

- Gain de poids, GP (g)

GP = poids moyen final - poids moyen initial

- Gain en longueur, GL (cm)

GL = longueur totale moyenne initiale - longueur totale moyenne finale

- Gain moyen quotidien, GMQ (g, cm)

GMQ (P) = (poids moyen final - poids moyen initial) / nombre de jours d'élevage.

GMQ (LT) = (longueur moyenne finale - longueur moyenne initiale) / nombre de jours d'élevage.

- Taux de croissance relatif, TCR (%)

TCR = 100 x (poids moyen final - poids moyen initial) / poids moyen initial.

- Taux de croissance spécifique, TCS (% / jour)

TCS (P) = 100 x [ln (poids moyen final) - ln (poids moyen initial)] / nombre de jours d'élevage.

TCS (LT) = 100 x [ln (longueur moyenne finale) - ln (longueur moyenne initiale)] / nombre de jours d'élevage.

- Indice de Conversion, IC (%)

IC = poids total d'aliment distribué / gain en biomasse de poissons.

- Indice gonadosomatique, IGS (%)

IGS = 100 x (poids des gonades / poids corporel)

- Indice hépatosomatique, IHS (%)

IHS = 100 x (poids du foie / poids corporel)

- Indice viscéral, IV (%)

IV = 100 x [poids des viscères - (poids des gonades + poids du foie)] / poids corporel

DEUXIEME PARTIE

ELEVAGE LARVAIRE

CHAPITRE II

Effet de la granulométrie d'un aliment artificiel sur la croissance et la survie des larves de perches élevées en milieu contrôlé : incidence sur la composition corporelle

2.1 - INTRODUCTION

Incontestablement, l'élevage larvaire des poissons constitue l'étape la plus délicate d'un cycle de production intensive. Les difficultés sont essentiellement d'ordre alimentaire et physiologique (Dabrowski, 1983); elles sont d'autant plus importantes que les larves concernées sont petites à la naissance (espèce à petits oeufs).

L'influence de la taille des particules sur l'efficacité alimentaire et les potentialités zootechniques des larves de poissons marins ou dulcicoles est largement soulignée (Thorpe et Wankowski, 1979; Confer et Lake, 1987; Paszkowski et Tonn, 1994). Logiquement, on constate que des particules d'aliment trop petites sont difficiles à détecter par les larves, tandis que les plus grandes sont difficiles à ingérer (Wankowski et Thorpe, 1979; Hasan et Macintosh, 1992). Confer et Lake (1987) démontrent, chez *Perca flavescens*, que la nourriture à base de petites ou de grandes daphnies induit une plus faible croissance par rapport à une alimentation à base de daphnies de tailles intermédiaires. Le *preferendum* de la taille des aliments durant les premiers jours de nourrissage est cependant différent, chez *Dicentrarchus labrax*, s'il s'agit d'une alimentation naturelle ou composée (Cavalier, 1989).

L'utilisation exclusive d'aliments composés pour l'élevage larvaire des espèces congénériques *P. fluviatilis* et *P. flavescens* demeure décevante (Best, 1981; Dreyer, 1987; Goubier et Marchandise, 1990; Vlavonou, 1991). Ces élevages sont envisageables à condition qu'un approvisionnement abondant en zooplancton vivant soit fourni durant plusieurs jours (Hokanson, 1978; Furnass, 1979; Best, 1981; Hinshaw, 1986; Awaiss, 1992; Ribi, 1992), avant d'introduire l'aliment artificiel (Hale et Carlson, 1972; Mélard et Philippart, 1984; Mélard *et al.*, 1994; Tamazouzt et Capdeville, 1994).

Après des tentatives infructueuses d'élevage larvaire de *P. fluviatilis* nourrie d'un aliment artificiel sec pour Salmonidés d'une taille moyenne de 300 microns de diamètre (Goubier et Marchandise, 1990; Vlavonou, 1991), il nous a paru opportun d'évaluer les possibilités d'utiliser des micro-particules d'une taille inférieure ou égale à celle des premiers micro-organismes ingérés en milieu naturel (inférieure à 200 microns).

Les besoins nutritionnels des larves de perche sont encore très mal connus. Seuls deux travaux sur la composition en acides gras essentiels de larves élevées dans des conditions artificielles (Awaiss *et al.*, 1992) et dans des conditions naturelles en étang aménagé (Fiogbé *et al.*, 1994) sont publiés.

Le rôle sans cesse grandissant des acides gras essentiels sur les larves de poissons d'élevage est fortement argumenté (Leray et Pelletier, 1985; Kaushik, 1990; Radünz-Neto, 1993). Ces auteurs précisent qu'une carence en acides gras de la série (n-3) et/ou (n-6) provoque non seulement un retard dans la croissance, mais aussi des anomalies dans le développement corporel aux conséquences néfastes pour la survie.

Dans la présente étude, nous tentons d'expliquer, si un aliment artificiel d'une taille accessible aux larves de perche assurerait le passage de l'endotrophie à l'exotrophie, au cours des 15 premiers jours de leur vie. Cette investigation vise à comparer, entre elles, quatre tailles de particules alimentaires (dont la composition chimique reste identique), en fonction de leur incidence sur la croissance longitudinale et pondérale ainsi que sur le taux de survie des larves. L'analyse de la composition corporelle des larves et le profil des acides gras au début et à la fin de l'expérience est étudiée.

2.2 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

a - Matériel biologique et techniques d'élevage

Les rubans d'oeufs embryonnés proviennent de pontes naturelles de géniteurs captifs du Centre Piscicole de Lindre, obtenus en avril 1993. La température de l'eau de transport est de 12 °C. Dès leur arrivée, les rubans sont bien étalés et disposés en "sandwich" entre deux grillages dans des récipients pourvus d'un diffuseur d'air surpressé. Cette technique permet de bien oxygéner l'ensemble des rubans en évitant la superposition éventuelle des oeufs et la formation de zones anaérobies létales. Ils sont ensuite acclimatés dans un local thermorégulé où la température ambiante est de 18 °C.

Quelques heures après l'éclosion (J0), 6000 larves sont comptées et réparties de manière aléatoire en 12 lots de 500, soit une densité larvaire initiale de 16 larves / l.
Dans le but de définir le temps de survie des larves disposant uniquement de leurs réserves endogènes, un groupe témoin de 400 larves (réparties en 4 lots de 100 individus dans des bassins de 30 l d'eau fonctionnant sur le même principe que ceux d'élevage) est maintenu à jeun jusqu'à son extinction.

b - Dispositif d'élevage

Chaque lot expérimental est élevé dans un bassin cylindroconique, d'un volume de 30 litres, alimenté en eau du réseau de distribution. Les bacs sont équipés d'un diffuseur d'air surpressé

(figure 1 B1). Les larves sont maintenues sous une lumière artificielle (deux tubes fluorescents de 36 watts chacun) dont l'intensité lumineuse varie de 100 à 150 lux à la surface de l'eau, en fonction de l'emplacement du bassin par rapport à la source lumineuse.
La photopériode est de 14h L/10h N, assurée par une horloge électronique de 6h à 20h.

La température, le pH, la conductivité et la teneur en oxygène dissous de l'eau varient respectivement entre 19,7 et 20,8 °C; 7,1 et 7,7 ; 390 et 405 µmhos/cm et 2,4 et 6,7 mg O_2/l.
Les petits diffuseurs d'air sont exposés aux microparticules alimentaires non consommées (celles-ci ont tendance à se déposer sur toute leur surface), ce qui entraîne d'importantes variations du débit d'air.
Les poissons sont nourris avec un aliment artificiel fabriqué par les Etablissements Pican (France) dont la composition est présentée dans le tableau 1.

Quatre granulométries sont utilisées en parallèle pendant les 15 jours d'expérience : 0-80 (A), 80-125 (B), 125-160 (C) et 160-200 (D) µm. Trois réplicats sont réalisés pour chaque test.
Le premier repas est effectué le jour qui suit l'éclosion (J1). La nourriture est distribuée manuellement à raison de 6 repas par jour entre 9h et 18h. La ration journalière est de 0,5 et 1g/bassin/jour durant la première et la deuxième semaine d'élevage.
L'entretien des bassins consiste à siphonner quotidiennement l'excès de nourriture sédimenté. L'eau perdue est compensée par un apport d'eau fraîche (de ville), de même température, ce qui constitue un renouvellement journalier d'environ 30% du volume total.

c - Échantillonnages et méthodes d'analyse

Chaque jour les poissons morts sont récupérés et comptés lors du siphonnage.
Un prélèvement de 112 larves est effectué avant le démarrage de l'expérimentation (J0), puis des échantillons de 8 à 11 larves par bac sont prélevés tous les 3 jours (de J3 à J12). A J15, selon les survivants, un maximum de 30 individus/bassin est prélevé. Les poissons sont conservés dans du formol à 10 %. Trente jours après la fin de l'expérience, ils sont pesés et mesurés individuellement.

La taille de la bouche est ensuite calculée selon la méthode de Shirota (1970) qui tient compte de la longueur de la lèvre supérieure (AB) (figure 5). L'ouverture buccale est provoquée par pression d'une tête d'épingle à proximité de la commissure des mâchoires et mesurée à l'aide d'une loupe binoculaire (x 40) dotée d'un "canon à dessin" (0,1 mm).

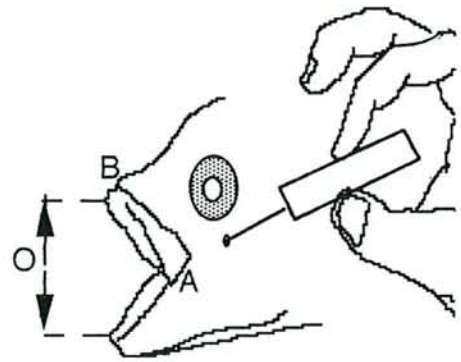


Figure 5. Ouverture et mesure de la taille de la bouche des larves de *Perca fluviatilis* selon la formule de Shirota (1970) : O= AB $\sqrt{2}$.

- Détermination de la composition corporelle

Au début et en fin d'expérience, l'aliment et deux lots de larves préalablement congélés, d'une biomasse totale de 2 à 3 g chacun, sont broyés séparément pour déterminer : matière sèche, cendres, protéines brutes, lipides totaux, triglycérides et phospholipides. Le profil des acides gras est analysé. Les méthodes d'analyse de chaque composant sont décrites dans le chapitre I.

d - Analyse statistique

Les analyses statistiques portent sur la survie finale, sur les poids moyens et les longueurs moyennes à J3, J6, J9, J12, J15. L'analyse de variance et le test de comparaison de Newman-Keuls ont été effectués à l'aide du logiciel STAT-ITCF (IFCF, 1988). Les taux de survie sont également comparés par le test de Khi 2. Une transformation des pourcentages de survie en arc-sinus $\sqrt{p}$ a été effectuée pour stabiliser la variance résiduelle. A J15, une donnée manquante (longueur et poids) dans la granulométrie C a été estimée (estimation de Yates), avant analyse.

La détermination de la relation entre la taille de la bouche et celle des larves est effectuée avec le logiciel STATVIEW 512.

2.3 - RÉSULTATS

a - Survie

L'évolution des taux de survie des larves est présentée dans la figure 6. La survie des différents lots diminue dans tous les traitements, mais de façon plus faible après J6. Cette diminution est plus importante dans les lots maintenus à jeun.

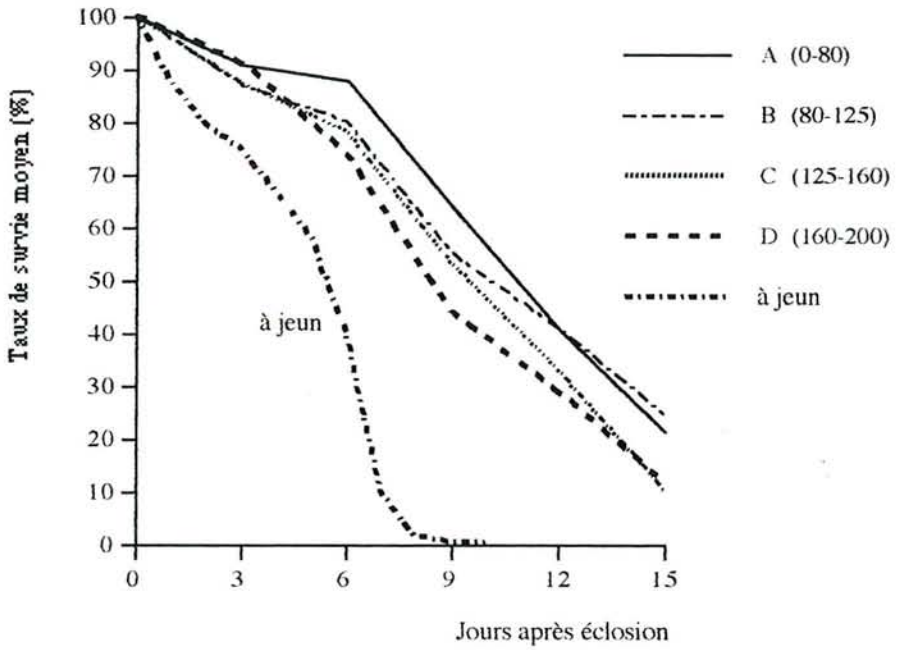


Figure 6 . Evolution du taux de survie moyen des larves de perches maintenues à jeun et élevées en milieu confiné avec différentes tailles de particules alimentaires pendant les 15 premiers jours de leur vie.

Le groupe mis à jeun accuse des mortalités massives au 7ème jour et est pratiquement éteint au bout de 10 jours. Les taux de survie des larves alimentées sont obtenus par ordre d'importance dans les groupes B 25 % (34,6 ; 20,9 ; 19,5), A 22% (9,1 ; 34,2 ; 21,8), D 12% (19,3; 12,8; 4,5) et C 11% (24,5 ; 00,0 ; 08,5). Néanmoins, les test de Khi 2 (χ^2=1,9 ; ddl =3; p=0,59) ne révèle aucune différence significative entre les taux de survie finaux des différents groupes.

b - Croissances

A l'éclosion, les larves pèsent 0,77 mg et mesurent 5,43 mm. Les croissances pondérale et longitudinale des perches observées dans les différents groupes sont présentées dans la figure 7.

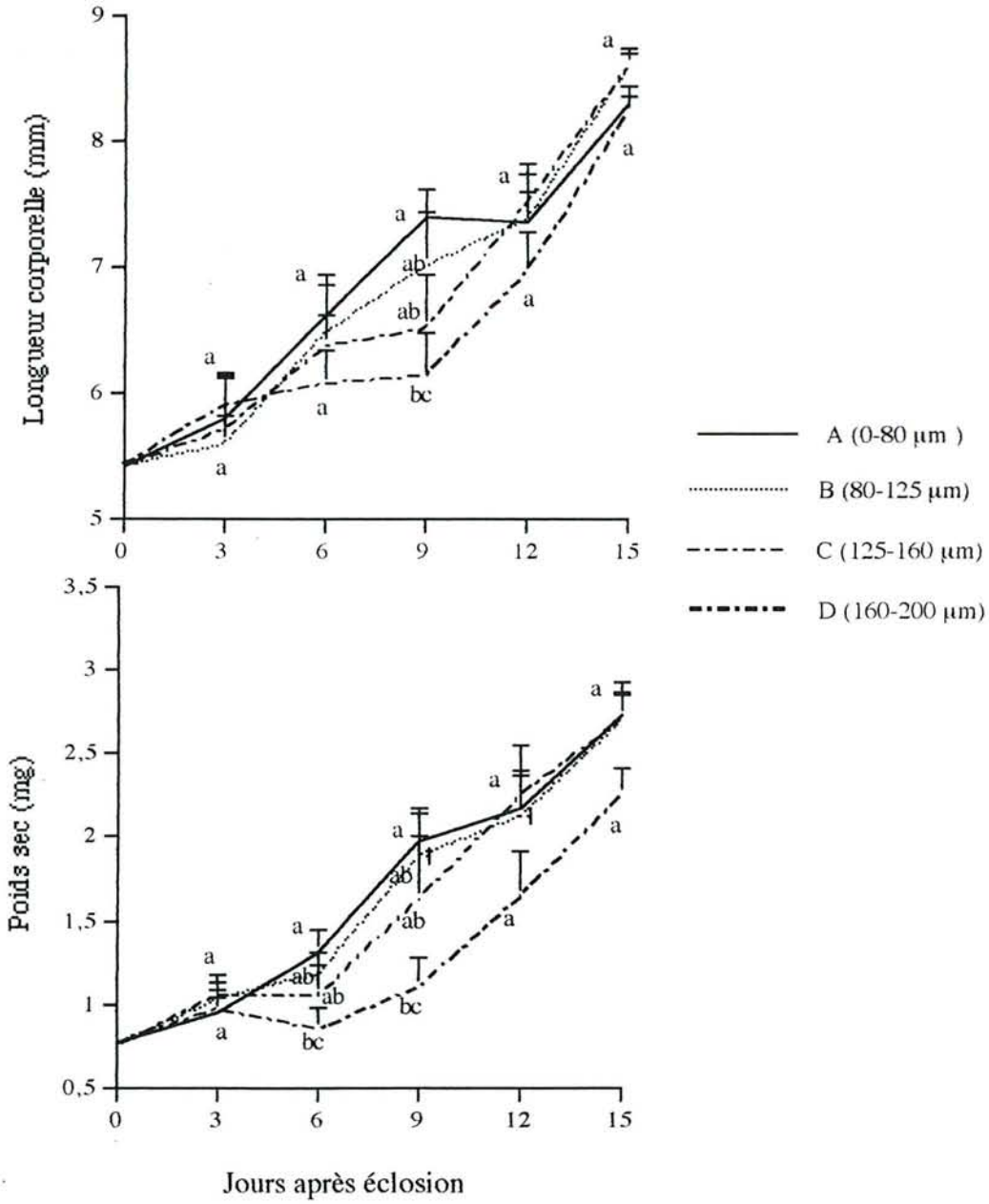


Figure 7. Croissances longitudinale et pondérale moyennes des larves de *Perca fluviatilis* élevées en milieu contrôlé et nourries avec différentes tailles de particules alimentaires pendant les 15 premiers jours de leur vie. Chaque barre représente la moitié de l'intervalle de confiance à 95%. Les moyennes ayant une même lettre ne sont pas significativement différentes (p>0,05).

Un meilleur gain de poids est enregistré par ordre décroissant pour des microparticules alimentaires allant de 160-200 (D) à 0-80 (A). La différence est significative à J6 (F=4,19 ; ddl=3; p=0,046) et se confirme à J9 (F=4,62 ; ddl=3 ; p=0,037). Cette situation est également observée pour la longueur. Néanmoins, la différence significative pour cette denière n'est décelée qu'à J9 (F=5,69; ddl=3; p=0,022). Les tests comparatifs de Newman-Keuls révèlent des différences significatives uniquement entre les lots nourris avec les particules A et ceux nourris avec les D.

Pour la période J9-J15, on constate une évolution inverse des croissances. En fin d'expérience, aucune différence significative n'est décelée entre les groupes A, B, C, et D (p>0,05) ni pour les poids ni pour les longueurs. A cette période, les larves pèsent en moyenne 2,64 ± 0,64 mg et mesurent 8,44 ± 0,52 mm.

Par ailleurs, la taille de la bouche des larves de l'ensemble du lot a doublé en 15 jours. Elle passe de 0,36 ± 0,06 mm à 0,75 ± 0,10 mm. Les rapports entre les tailles des particules alimentaires utilisées et les tailles de la bouche des larves à J0 et J15 sont présentés dans le tableau 3.

Tableau 3. Evolution de la relation entre la taille de l'ouverture de la bouche et la longueur corporelle (LT) des larves de perche en fonction des granulométries utilisées durant l'expérimentation.

	Granulométrie (mm) / taille de la bouche (mm)		Relation entre la dimension de la bouche et la longueur totale des larves représentée par l'équation logarithmique : r = coefficient de corrélation; n = nombre de larves	
Tailles des aliments (mm)	J0	J15	J0-J9	J12-J15
A (0-0,080)	0,22	0,11	yA =-0,591 + 1,490 Log(x); r = 0,55; n = 48; p=	yA =-0,697 + 1,620 Log(x); r = 0,70; n = 26; p=
B (0,080-0,125)	0,35	0,17	yB =-0,672 + 1,626 Log(x); r = 0,83; n = 33; p=	yB =-0,474 + 1,389 Log(x); r = 0,68; n = 23; p=
C (0,125-0,160)	0,45	0,21	yC =-0,616 + 1,537 Log(x); r = 0,77; n = 33; p=	yC =-0,827 + 1,801 Log(x); r = 0,82; n = 28; p=
D (0,160-0,200)	0,56	0,26	yD =-0,647 + 1,535 Log(x); r = 0,74; n = 30; p=	yD =-0,512 + 1,448 Log(x); r = 0,74; n = 25; p=

A mesure que les larves grandissent, le rapport entre la taille de particules et l'ouverture buccale des larves diminue. Cette relation s'accompagne d'une corrélation très positive entre la croissance de la longueur corporelle des larves de l'ensemble des lots et celle de la bouche (r=0,85; ddl=246; p< 0,001).

c - Composition corporelle

La composition chimique globale ainsi que le profil des acides gras des larves non alimentées (J0) et des larves au terme de l'expérience (J15) sont présentés dans le tableau 4.
L'analyse de la composition biochimique globale des larves révèle une élévation de la teneur en eau (de 83 à 89%), associée à une augmentation du taux protéique (55,5 à 64,5% de la matière sèche). En revanche, les lipides totaux accusent une baisse de 8% (29 à 21%).
La réduction de la proportion lipidique vise particulièrement les triglycérides (22 à 11%), à l'inverse des phospholipides qui augmentent de 3% (7 à 10%).

Le profil global des acides gras (AG) des triglycérides est présenté dans le tableau 4 et les acides gras essentiels sont résumés dans la figure 8.

De J0 à J15, on observe une augmentation d'AG saturés et une légère diminution d'AG n-3. Cette diminution vise essentiellement la fraction de C18:3n-3 et C20:5n-3. En revanche, les taux d'AG n-6 sont relativement stables. Cette dernière classe est caractérisée néanmoins par deux légères modifications : une baisse de C18:2n-6 accompagnée d'une hausse de C20:4n-6.

Tableau 4. Composition chimique globale et profil des acides gras (% de lipides) de l'aliment et des larves à J0 et J15.

Composants (%)	Aliment (Pican)	Larves à l'éclosion (J0)	Larves après 15 jours d'élevage
Matière sèche (M.S)	95,0	16,8	11,3
Humidité (% eau)	5,0	83,2	88,7
Protéines (% MS)	50,7	55,5	64,5
Lipides totaux (% MS)	10,7	28,9	21,3
- Phospholipides (% MS)	3,4	6,6	9,9
- Triglycérides (% MS)	7,3	22,2	11,5
14:0	4,17	0,5	0,32
16:0	18,88	5,8	9,69
18:0	11,61	1,93	7,88
20:0	0,19	0,10	0,16
S. Sat	34,84	8,33	18,05
20:1	0,00	0,10	0,17
22:1	5,35	0,00	0,00
S. n-11	5,97	0,10	0,17
16:1	0,65	1,80	1,01
18:1	19,24	17,70	20,65
20:1	4,46	0,38	0,94
22:1	0,00	0,14	0,52
S. n-9	24,34	20,22	23,46
16:1	5,94	16,59	8,45
18:1	2,79	5,39	4,34
20:1	0,20	0,17	0,08
S. n-7	8,93	22,15	12,87
18:2	10,07	16,61	13,31
18:3	0,00	0,65	0,42
20:2	0,37	0,22	0,30
20:3	1,00	0,45	1,13
20:4	1,62	5,22	6,70
22:4	0,53	0,65	0,80
22:5	0,32	0,90	0,92
S. n-6	13,91	24,70	23,58
18:3	2,28	4,44	1,09
18:4	1,14	0,17	0,10
20:3	0,00	0,20	0,03
20:4	0,36	0,49	0,36
20:5	3,38	6,41	4,60
22:5	2,08	1,38	2,88
22:6	2,78	11,67	12,09
S. n-3	12,02	24,76	21,15
S. insat	65,17	91,93	81,23
INSA/SAT	1,87	11,04	4,50
n-3/n-6	0,86	1,00	0,90

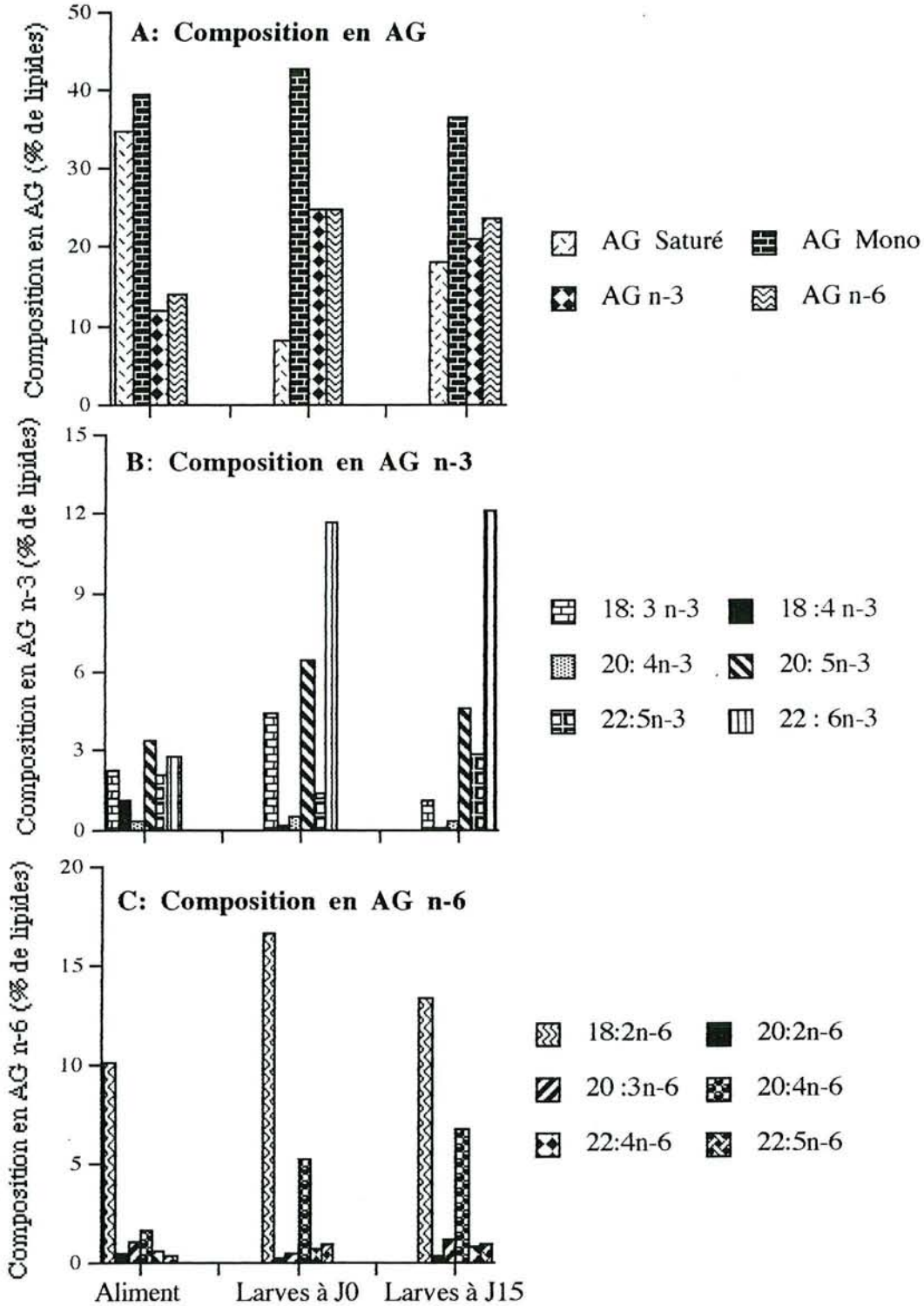


Figure 8. Composition en acides gras (AG) essentiels des triglycérides de l'aliment Pican, des larves (*P. fluviatilis*) à l'éclosion (J0) et à l'âge de 15 jours (J15).

2.4 - Discussion

Survie

La présente étude montre que la taille des particules alimentaires comprise entre 0 et 200 µm ne présente pas d'effet significatif sur la survie de larves de perches pendant les 15 premiers jours de leur vie. Les taux moyens de survie observés sont compris entre 11 et 25 %.

Awaiss *et al.* (1992) n'enregistrent que 4,0 % de survie après une semaine d'élevage avec un aliment artificiel. Les taux de réussite de Dreyer (1987), Goubier et Marchandise (1990) et Vlavonou (1991), sont encore plus décevants. Nos résultats sont beaucoup plus encourageants, même s'ils restent très inférieurs à ceux obtenus par Awaiss *et al.* (1992) (83,5%) après 10 jours chez des larves de *Perca fluviatilis* nourries à l'aide de rotifères vivants *Brachionus calyciflorus*. En revanche, nos valeurs confirment celles rapportées par Mélard et Philippart (1984), (28,0 %), Ribi (1992), (13,5 à 46,6 %) et Mélard *et al.* (1994), (14,9 et 38,6 %) sur le démarrage larvaire de perches nourries avec des proies vivantes seules ou mélangées avec un aliment sec.

Les mortalités occasionnées durant les premiers jours d'expérimentation sont liées vraisemblablement aux manipulations lors du comptage des larves. Une nouvelle augmentation de la mortalité quelques jours plus tard (J6-J9) coïncide avec les mortalités massives observées dans les lots maintenus à jeun. Elle résulterait de problèmes inhérents à la transition d'une alimentation endogène à une nourriture exogène ou encore de la mauvaise acceptation de l'aliment artificiel. Treasurer (1983) évalue les taux de survie des larves de *P. fluviatilis* dans les lacs Davan et Kinord (Écosse) entre respectivement 11,5 et 73,2 % jusqu'au stade éleuthéroembryon (début d'une nourriture exogène) puis entre 5,7 et 38% (Treasurer, 1989) trois semaines après éclosion.

La disponibilité d'une alimentation appropriée est souvent citée comme facteur limitant de la survie des jeunes poissons dans leur milieu naturel (Mills *et al.*, 1989; Qin et Culver, 1992). Le choix d'une nourriture adéquate s'impose en effet dès l'épuisement des réserves vitellines (Disler et Smirnov, 1977).

Dans notre cas, une taille en-deçà de 125 µm facilite une entrée précoce des larves dans la vie trophique. Un taux de survie moyen de 25% est obtenu avec la granulométrie 80-125 µm.

Croissances

Les taux moyens quotidiens de croissances pondérale et longitudinale pour l'ensemble des groupes sont respectivement de 0,12 mg/jour et 0,2 mm/jour. Ils sont légèrement supérieurs à ceux des perches du milieu naturel (0,08 à 0,11 mm/jour) au début de leur développement (Spanovskaya et Grygorash, 1977). Par contre, ils sont inférieurs aux résultats de Awaiss *et al.* (1992) obtenus à la même température d'élevage (18-20°C) dans un milieu confiné, avec une évolution du poids des perches respectivement de 0,44 et 0,34 mg/j, lorsqu'elles sont nourries exclusivement avec *Brachionus calyciflorus* vivant, ou un mélange de ce dernier avec un aliment composé. Chez les larves de perches américaines du lac Érié, la différence est encore plus marquée : de 0,35 à 0,73 mm/j (Pycha et Smith, 1955).

L'analyse des croissances pondérale et longitudinale, par période de 3 jours, ne révèle aucune différence statistique entre les groupes durant la première phase d'élevage (J0-J3). A cet âge, les réserves vitellines constituent sans doute l'alimentation principale des larves de perches (Disler et Smirnov, 1977; Spanovskaya et Grygorash, 1977). Dans leur environnement naturel, les larves de perches ingèrent souvent comme premières nourritures exogènes les micro-algues, ciliés et nauplies de Copépodes (Siefert, 1972; Guma'a, 1978) dont la taille ne dépasse guère 100 microns (Hoff et Snell, 1989). Dans le choix de la taille des proies, les larves de poissons sont limitées par la capacité d'ouverture de leur bouche (Shirota, 1970; Cavalier, 1989), mais aussi par le diamètre de l'oesophage (Raissanen et Applegate, 1983). Dans notre cas, une granulométrie inférieure à 80 microns pendant les 9 premiers jours semble induire une meilleure croissance des larves par rapport à une taille de particule de 200 microns.

Pour la période (J9-J15), un accroissement de poids plus important est enregistré chez les larves bénéficiant de la granulométrie C (125 à 160 μm) et D (160-200 μm). Cela peut être expliqué par une allométrie majorante observée entre la croissance de la bouche et la longueur des perches, qui se traduit par une augmentation de la capacité d'ingestion des larves.
Cette relation est généralement définie par une nette corrélation entre la taille des aliments et celle de la bouche des larves (Guma'a, 1978; Thorpe et Wankowski, 1979; Dabrowski et Bardega, 1984; Hasan et Macintosh, 1992).
Le coefficient de corrélation (r=0,85) enregistré entre la longueur totale et l'ouverture buccale de l'ensemble des lots de nos perches confirme la relation très positive (r=0,99) établie par Guma'a, (1978) chez les perches sauvages au stade larvaire.

L'accroissement de la taille de la bouche (0,36 à 0,75 mm) pendant ce stade de développement, laisse supposer que les perches peuvent ingérer des aliments à granulométrie supérieure à celles proposées. Cependant, le choix sélectif des perches est généralement très en deçà de la taille limite supérieure des proies qu'elles sont physiquement capables d'ingérer (Furnass, 1979; Post et Evans, 1989). Le diamètre de l'oesophage pourrait être plus étroit que celui de l'ouverture de la bouche. En outre, l'aliment sec se gonfle et change de granulométrie au contact de l'eau.
La taille des aliments ingérés aux premiers nourrissages chez la loche et le saumon varie de 0,2 à 0,4 fois la longueur de la bouche (Ito et Suzuki, 1977; Thorpe et Wankowski, 1979). Si les larves de perches répondent aux mêmes lois, la granulométrie D utilisée ne convient pas aux premiers nourrissages, car le rapport est de 0,56 à J0. Au terme de l'expérience (J15), une tendance à la limite inférieure se manifeste pour le groupe A (0,11 fois la longueur de la bouche).

Des particules alimentaires inférieures à 200 microns pourraient être utilisées pour initier les larves de perches (LT< 7,5 mm) à une alimentation exogène. Cependant, l'aspect physique, la couleur, la forme et surtout la valeur nutritive de l'aliment ne doivent pas être négligés.

Composition chimique globale

Le taux hydrique corporel est inversement proportionnel à la teneur lipidique observée à J15. Cette corrélation négative est décrite par de nombreux auteurs sur des espèces aquatiques ou terrestres.

Conformément aux observations faites chez d'autres espèces d'eau douce (brochet) (Desvilettes *et al.*, 1994) ou marines (hareng) (Fraser *et al.*, 1987), la réduction du taux lipidique affecte particulièrement la fraction des triglycérides au stade larvaire.
Fraser *et al.* (1987), soulignent toutefois que les triglycérides endogènes sont catabolisés lorsque l'énergie dérivée des aliments exogènes est insuffisante pour maintenir le métabolisme basal des larves. Chez le brochet, Desvilettes *et al* . (1994) attribuent ce phénomène à une sous-alimentation ou à une alimentation inadéquate.

Les protéines fixées par les larves peuvent provenir principalement des protéines alimentaires. En plus du régime alimentaire, la dynamique interdépendante de certains constituants biochimiques des poissons marins ou dulcicoles, peut être également influencée par les facteurs abiotiques, en particulier la température de l'eau.

Composition en acides gras

Globalement, l'évolution de la composition en acides gras des larves à J0 et J15 ne présente pas de variations sensibles. Les AG de la série (n-6) sont relativement stables, alors que les AG monoinsaturés et ceux de la série (n-3) n'enregistrent qu'une légère baisse. Par contre, une variation plus prononcée est observée dans les AG saturés. Ces derniers sont dominés à J15 par les AG stéarique (C18:0) et palmitique (C16:0), reflétant ainsi ceux de l'aliment Pican. De même que pour les larves de *P. flavescens* élevées en milieu naturel (Dabrowski *et al.*, 1993), l'acide oléique (C18:1 n-9) représente l'essentiel des AG monoinsaturés des larves de *P. fluviatilis* nourries à l'aliment artificiel. Par contre le pourcentage des AG de la série (n-11) des larves à J0 et à J15 est presque nul, alors qu'il constitue 6 % des lipides totaux de l'aliment. Il est probable que ce composant soit une source d'énergie, mais non stockée dans les dépôts adipeux.
Par ailleurs, les teneurs corporelles des larves en AG monoinsaturés des série (n-9) et (n-7) sont intimement liées à celles de l'aliment.

Contrairement aux résultats de Fiogbé *et al.* (1994) chez les larves de perches élevées préalablement en étang, nos résultats montrent que le C22:6 n-3 est le principal constituant des AG de la série (n-3). Sa teneur à J0 est 4 fois plus élevée que celle de l'aliment. On enregistre en outre une légère augmentation à J15. Cette amélioration pourrait être attribuée à l'efficacité de la bioconversion par voie d'élongation des acides gras précurseurs des aliments (C18:3n-3 ; C18: 4 n-3; C20: 5 n-3; et C22: 5n-3).

Nos données tendent à confirmer celles de Fiogbé *et al.* (1994) montrant que la concentration de C18:2n-6 est très importante dans les oeufs de perches et décroît considérablement durant le développement post-embryonnaire.

Globalement, au terme de l'expérience, on n'observe pas de carence évidente en acides gras corporels des larves entre J0-J15. Cependant, l'aliment utilisé est riche en AG saturés. Ces derniers abondent chez les perches à J15 alors qu'à ce stade de développement, les espèces carnassières dulcicoles du milieu naturel manifestent généralement une baisse d'AG saturés (Dabrowski *et al.*, 1993; Nematipour et Gatlin ,1993; Desvilettes *et al.*, 1994).

Aussi, la comparaison ultérieure des performances de deux aliments Lansy R1 et Lansy N4 d'une taille (diamètre de particules inférieur à 300 μm; Artémia systems, Belgique) présentant des rapports entre deux acides gras polyinsaturés (20:5 n-3 / 22:6 n-3 de r =0,5 et r =1) a été menée sur ces mêmes larves de J15 à J 22 (Soler, 1993). Il en résulte que l'aliment

N4 (r =1) permet des taux de survie de 0 à 61 % avec des larves qui pèsent en moyenne 4,3 mg et mesurent 9,4 mm, alors que l'aliment R1 (r =0,5) n'autorise que des taux de survie de 25 à 26% pour un poids final de 3,9 mg et une longueur de 9,1 mm. Il semblerait que le rapport 20: 5 n-3 / 22: 6 n-3 ait un effet sur la survie et la croissance des perches en bas âge et que N4 laisse présager de meilleures performances. Il faut noter que la mortalité totale des larves nourries avec N4 dans un réplicat est accidentelle, imputable à de fortes teneurs en nitrites. Des investigations complémentaires sur l'identification des besoins nutritionnels des larves devraient d'une part améliorer leurs performances de croissance et de survie et d'autre part, servir de base pour la fabrication d'aliment spécifique.

Les paramètres abiotiques observés tels que la température, le pH et la conductivité sont considérés comme favorables pour l'élevage de perches (Hokanson, 1977; Manci et Quigley, 1981). Par contre, le taux d'oxygène dissous reste relativement faible et peut donc avoir une influence restrictive sur la survie et la croissance, bien que Jones (1964), Meadows (1970) et Petit (1973) cités par Thorpe (1977b) s'accordent pour établir chez les alevins de perches un seuil minimum d'oxygène de 1 à 1,3 mg/l pour une température de 16 à 20°C. Ces teneurs nous paraissent cependant très faibles.

Une aération adéquate tenant compte du débit d'air et du type de diffuseur et une meilleure maîtrise paramètres physico-chimiques, notamment l'installation d'un système de filtration adapté, amélioreraient les conditions d'élevage et par conséquent la survie et la croissance larvaire de *P. fluviatilis* nourrie à l'aliment artificiel en milieu contrôlé.

CHAPITRE III

Effet de la couleur interne des bassins d'élevage et de l'intensité lumineuse sur la croissance et la survie des larves

3. 1 - INTRODUCTION

La perche commune *Perca fluviatilis* est un prédateur pélagique diurne (Popova et Sytina, 1977; Dabrowski, 1982; Craig, 1987) pour lequel la vision revêt donc une importance vitale dans la détection de nourriture. Pendant les premiers jours qui suivent l'éclosion, les larves localisent leurs proies exclusivement par la vision, en dépit du développement incomplet de la structure rétinienne de l'oeil (Guma'a, 1982; Disler et Smirnov, 1977; Furnass, 1979). Dans son environnement naturel l'alevin de perche, comme la plupart des jeunes téléostéens, pratique une chasse sélective (Giles *et al.*, 1990; Wahl *et al.*, 1993) et lorsque les proies sont d'une taille accessible, le zooplancton pigmenté s'avère souvent plus attractif, car plus visible (Furnass, 1979; O'Brien, 1979).

En élevage, toute action susceptible d'améliorer la repérage des proies facilite l'alimentation larvaire des espèces appartenant à la catégorie des chasseurs diurnes (Ronzani-Cerqueira, 1986). L'une d'elle consiste à intensifier le contraste entre l'aliment et l'environnement. C'est ainsi que Ginetz et Larkin (1973), Dendrinos *et al.* (1984) et Masterson et Garling (1986) colorent les oeufs séchés de truite, les nauplii d'artémie ou l'aliment composé pour optimiser l'alimentation des juvéniles d'*Oncorhynchus mykiss*, des larves de *Solea solea* et de *Stizostedion vitreum*. Il semble cependant que cette méthode affecte parfois la qualité organoleptique des aliments (Ounaïs-Guschemann, 1989). Parmi d'autres techniques signalées dans la littérature pour améliorer la détection visuelle des proies, la coloration des parois internes des bassins d'élevage reste la plus pratiquée, avec une prédilection pour des teintes sombres. Les bassins à parois blanches par exemple, réduisent de façon significative l'efficacité alimentaire et le taux de survie des larves de *Stizostedion vitreum* , lorsqu'elles sont nourries de proies vivantes ou de granulés (Corazza et Nickum, 1981). Hinshaw (1985) et Ronzani-Cerqueira (1986) signalent le même phénomène respectivement chez les larves de *Perca flavescens* et de *Dicentrarchus labrax* nourries d'artémie. Cette similitude de réponse est d'autant plus surprenante qu'à l'état adulte, l'organisation complète de la rétine de ces espèces et leurs réponses rétinomotrices sont très différentes (Ali *et al.*, 1977).

Muntz (1975) et Blaxter (1980) proposent deux interprétations contradictoires de la perception du contraste. Selon Muntz, un objet est mieux perçu s'il est plus sombre que le fond. Blaxter au contraire suggère que les proies sont plus visibles si elles sont brillantes sur un fond noir. Quoiqu'il en soit, la perception du contraste par les larves de poissons reste partiellement déterminée par les conditions d'éclairage et la turbidité de l'eau (Blaxter, 1965; 1980; Minner et Stein, 1993). Elle peut ainsi dépendre également de la coloration des sources lumineuses (Hurst,

1953) et de la position de l'éclairage par rapport à la surface de l'eau : latérale ou verticale (Ronzani-Cerqueira, 1986), interne ou externe au bassin d'élevage (Malison et Held, 1992).
Le but visé dans ces deux derniers cas est de diminuer l'angle d'incidence et/ou d'éviter le stress des poissons provoqué par les modifications dues au passage du personnel. L'intensité lumineuse est aussi généralement un facteur déterminant pour la prise alimentaire (Vinyard et O'Brien, 1976; Barahona-Fernandes, 1979; Blaxter, 1980; Dabrowski, 1982; Hinshaw, 1985; Ronzani-Cerqueira, 1986; Ounaïs- Guschemann, 1989).

L'objectif de notre étude est de vérifier s'il existe, pendant les 15 premiers jours de vie larvaire, une influence de l'intensité lumineuse et de la couleur des parois internes des bassins d'élevage sur la survie et sur la croissance des larves de perches élevées en milieu contrôlé et nourries d'aliments inertes. Les parois noires et blanches sont choisies pour induire respectivement un fort et un faible contraste (Hinshaw, 1986), le gris foncé et le gris clair pour obtenir un effet intermédiaire. Les intensités lumineuses (250, 400 et 800 lux) sont choisies au dessus du seuil (205 lux) préconisé par Hinshaw (1986) pour l'élevage de la perchaude, *Perca flavescens*.

3.2 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

a - Dispositif d'élevage

L'expérience est réalisée dans 12 bassins cylindroconiques d'un volume unitaire utile de 100 litres. Ils sont alimentés en eau par la surface avec un renouvellement journalier ponctuel de 20% du volume total (figure 1 B2).
Le milieu d'élevage est homogénéisé et oxygéné grâce à un diffuseur d'air surpressé placé au fond de chaque bassin. Les parois internes des bassins, à l'origine mates (enduit de type gel coat), sont recouvertes d'une peinture noire, grise foncée, grise claire ou blanche.

Dès l'éclosion, un éclairage artificiel est assuré par un spot halogène, basse tension (20 W, 12 V, type G4), situé au-dessus de la surface, au centre de chaque bassin. Les différentes intensités lumineuses, obtenues par un ajustement de la distance (1 à 3m) entre la source et la surface de l'eau, sont mesurées à l'aide d'un luxmètre de type Comp A. 2010; Chauvin Arnaud.

Un plan expérimental à deux facteurs croisés sans répétition, intensité lumineuse et coloration des parois des bassins d'élevage, est mis en oeuvre (tableau 5).

Tableau 5. Protocole expérimental effectué pendant 15 jours d'élevage larvaire de *Perca fluviatilis*.

Intensité lumineuse	250 lux				400 lux				800 lux			
Couleurs des parois	Noir	Gris foncé	Gris clair	Blanc	Noir	Gris foncé	Gris clair	Blanc	Noir	Gris foncé	Gris clair	Blanc
Bassins	N 1	Gf 2	Gc 3	B 4	N 5	Gf 6	Gc 7	B 8	N 9	Gf 10	Gc 11	B12

Afin d'éviter toute lumière extérieure, chaque unité d'élevage est isolée par une bâche en plastique noir. Une photopériode constante de 14 heures d'éclairement par jour (correspondant à la photopériode naturelle de la saison d'élevage) est maintenue grâce à une horloge électronique.

b - Matériel biologique et techniques d'élevage

Les rubans d'oeufs fécondés qui ont servi à réaliser l'expérience proviennent du lac Léman (I.N.R.A. Thonon-les-Bains). Ils sont collectés à 6m de profondeur sur des frayères artificielles construites à l'aide d'un feuillage persistant de conifères (Gillet, 1989). Les oeufs sont transportés au laboratoire dans des sacs en plastique contenant 5 l d'eau et 10 l d'oxygène pur, placés dans un emballage isotherme. L'incubation des oeufs est contrôlée selon une méthodologie semblable à la première expérience.

12 000 larves nouvellement écloses sont réparties d'une manière aléatoire dans les 12 bassins, soit une densité de 10 individus / litre par bassin.
Pendant les 3 premiers jours d'élevage, les poissons sont nourris avec du zooplancton (rotifères, copépodes) congelé (Midisel). Un aliment artificiel (Pican) est ensuite distribué manuellement à raison de 6 repas/jour jusqu'à la fin de l'expérience. L'intervalle entre deux distributions est de 1h 30mn, la première ayant lieu à 9h. L'aliment, dont les particules ont un diamètre de 80 à 125 µm, est de couleur brun-jaunâtre.

Les bassins sont siphonnés tous les jours pour éliminer les excès de nourriture sédimentés. La qualité de l'eau d'élevage est régulièrement contrôlée.
Température, pH, oxygène et conductivité sont relevés tous les deux jours, alors que $N\text{-}NH_4^+$ et $N\text{-}No_2^-$ sont mesurés 2 fois par semaine.

c - Observations et échantillonnages

Des observations de la répartition spatiale des larves dans le milieu sont effectuées avant et après chaque distribution de nourriture. Chaque jour les poissons morts dans toutes les unités sont récupérés par siphonnage et/ou par purge, puis dénombrés. A l'issue du contrôle final, l'effectif calculé ne correspond pas toujours à l'effectif observé. Cette différence peut être imputée soit aux erreurs liées au comptage initial, soit à la difficulté de comptabiliser tous les cadavres.

Un prélèvement de 44 larves est effectué avant le démarrage de l'expérience (J0), puis 10 spécimens environ sont prélevés tous les 2 jours (de J2 à J12). En fin d'expérience, selon l'effectif survivant, un maximum de 20 larves est prélevé dans chaque bassin. Tout échantillonnage s'effectue en deux temps : les larves de surface sont capturées au bécher, les larves du fond lors d'une purge. Ces larves sont conservées dans une solution de formol à 10% puis pesées et mesurées individuellement.

d - Analyse statistique

Une série d'analyses de variance, relatives aux poids et aux longueurs totales (LT) mesurés à J2, J4, J6, J8, J10, J12 et J15, est effectuée afin de déterminer à partir de quel moment se manifestent les premières différences de croissance (tableau 8). L'hétérogénéité des variances nous a conduit à appliquer une analyse non-paramétrique à deux facteurs, coloration des parois et intensité lumineuse (test de rangs de Friedmann). La comparaison *a posteriori* des moyennes entre elles est réalisée à l'aide du test de Tukey (Zar, 1984). Les nombres de survivants sont comparés dans un tableau de contingence (Dagnelie, 1975).

3.3 - RÉSULTATS

a - Physico-chimie

Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physico-chimiques relevées au cours de l'expérience sont rapportées dans le tableau 6.

Tableau 6. Valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physico-chimiques de l'eau d'élevage observées pendant les 15 jours d'expérience.

	Température (°C)	Oxygène (mg/l)	pH	Conductivité (µmhos/cm)	$N\text{-}NH_4^+$ (mg/l)	$N\text{-}No_2^-$ (mg/l)
Moyenne	20,2	4,21	7,32	344,5	0,83	0,23
Minimum	19,7	2,90	7,10	310,0	0,01	0,00
Maximum	21,6	6,37	7,80	355,0	1,45	0,37

b - Comportement

D'une manière générale, les larves sont essentiellement localisées dans la colonne d'eau, sur les trois quarts de la surface des parois et sur une profondeur de 10 à 15 cm. Quelle que soit la couleur ou l'intensité lumineuse, aucune différence flagrante de répartition n'est constatée au cours de la journée. Le comportement alimentaire des larves de perches est très caractéristique. Les attaques de particules s'effectuent quand la larve recourbe en forme de "s" la partie postérieure de son corps puis se détend brusquement en se jetant en avant.

c - Survie

La survie de toutes les populations diminue d'une vingtaine de pourcent dans tous les bassins pendant les trois premiers jours d'élevage, puis se stabilise entre J3 et J6. Des mortalités massives sont ensuite enregistrées entre J6 et J10 (figure 9).

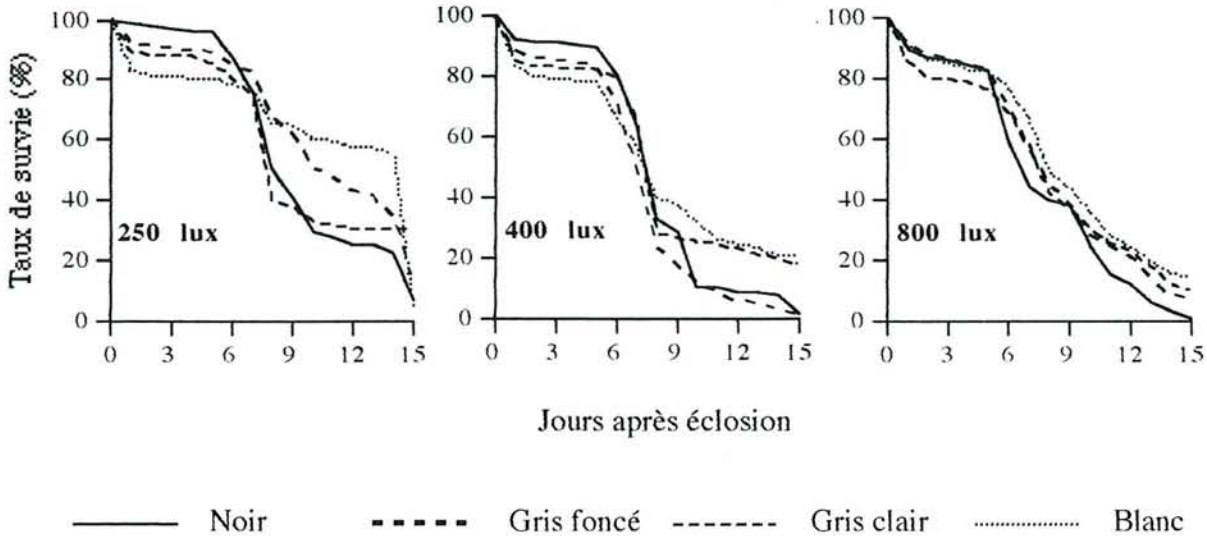


Figure 9. Evolution de la survie de 12 lots de larves de *Perca fluviatilis* élevées sous trois intensités lumineuses dans des bassins de 4 couleurs différentes, pendant les 15 premiers jours d'élevage.

En fin d'expérience, les taux de survie (TS) sont compris entre 1 et 26 % (tableau 7) et se révèlent différents d'un traitement à l'autre (χ^2 = 602,05 ; ddl=11; p=0,0001). Un effet global de lumière est décelé (χ^2=52,08 ; ddl=2; p=0,0001). Les pourcentages de survie sont plus élevés chez les populations soumises à une intensité lumineuse de 250 lux (13%) (χ^2 = 50,33; ddl=2; p=0,0001) que chez les populations soumises à des intensités de 800 (9%) ou 400 lux (10%) (χ^2 = 1,94; ddl=1; p=0,1636)

On décèle également une influence très nette de la couleur des parois des bassins sur le taux de survie des larves (χ^2 = 416,439 ; ddl= 3; p=0,0001). Les TS obtenus dans les bassins noirs (3%) sont très nettement inférieurs aux TS enregistrés dans les autres bassins (13%), (χ^2 = 230,575 ; ddl =1 ; p= 0,0001). Parmi ces derniers, il existe également des différences (χ^2= 158,591; ddl =2 ; p = 0,0001); les bassins gris foncé donnent les survies les plus faibles (7%) (χ^2= 1135,919 ; ddl=1; p=0,0001), les gris clairs, les survies les meilleures (17%) et les bassins blancs des survies intermédiaires (13%) (χ^2 = 19,311 ; ddl=1; p=0,0001).

Tableau 7. Taux de survie et dénombrement de 12 lots de larves de *Perca fluviatilis* nourries, pendant les 15 premiers jours d'élevage avec une alimentation inerte. La mortalité théorique est calculée sur la base d'un effectif initial de 1000 larves / bassin.

Bassin		Larves mortes dénombrées	Mortalité théorique	Larves prélevées de J2 à J12	Larves survivantes dénombrées	Survie réelle (%)
Intensité	Coloration					
800 lux	Noir	1003	931	60	9	1
	Gris foncé	1266	809	60	131	7
	Gris clair	993	782	60	158	10
	Blanc	1006	745	60	195	14
400 lux	Noir	961	921	60	19	2
	Gris foncé	859	927	60	13	1
	Gris clair	816	711	60	229	18
	Blanc	739	761	60	179	21
250 lux	Noir	720	875	60	65	6
	Gris foncé	804	815	60	125	12
	Gris clair	649	653	60	287	26
	Blanc	417	896	60	44	5

d - Croissances

L'évolution de la croissance pondérale et de la croissance en longueur des larves est représentée en fonction de l'âge dans la figure 10. A l'éclosion, elles pèsent en moyenne 0,57 mg et mesurent environ 5 mm. Ces valeurs atteignent 2,5 mg et 8 mm en fin d'expérience. Pendant les 10 premiers jours, la croissance est lente mais régulière et identique pour tous les lots. A partir de J12, un effet de couleur apparaît qui distingue les bassins les plus clairs des plus foncés (tableau 8): les bassins Gc ou B (1,87 mg) autorisent un gain de croissance pondérale de 16 % par rapport aux bassins N et Gf (1,21 mg). A cet âge, la croissance en longueur présente la même tendance, avec cependant un gain légèrement supérieur dans les bassins Gf (6,58 mm) que dans les bassins N (6,45 mm).

A J15, l'effet couleur se confirme sur la croissance pondérale. Les poids les plus importants sont obtenus dans les bassins B (3,11 mg), les plus faibles dans les bassins N et Gf (2,04 mm) et les poids intermédiaires dans les bassins Gc (2,68 mg). Cette tendance est également perceptible sur le paramètre longueur, dont les valeurs sont respectivement de 8,17 mm dans les bassins clairs et 7,51 mm dans les bassins sombres. Quant à l'effet de la lumière, il est uniquement perceptible pour la longueur (tableau 8): l'intensité la plus forte (800 lux)

autorise un gain de 1,2% (7,90 mm), par rapport aux intensités de 250 lux ou de 400 lux (7,84 mm).

Il faut encore signaler l'existence d'une interaction entre la lumière et la couleur pour ces deux paramètres de croissance. Globalement, les meilleures croissances seraient observées dans les bassins clairs fortement éclairés, et les plus faibles dans les bassins sombres peu éclairés. Cependant, ces interactions ne sont pas toujours très nettes (tableau 8).

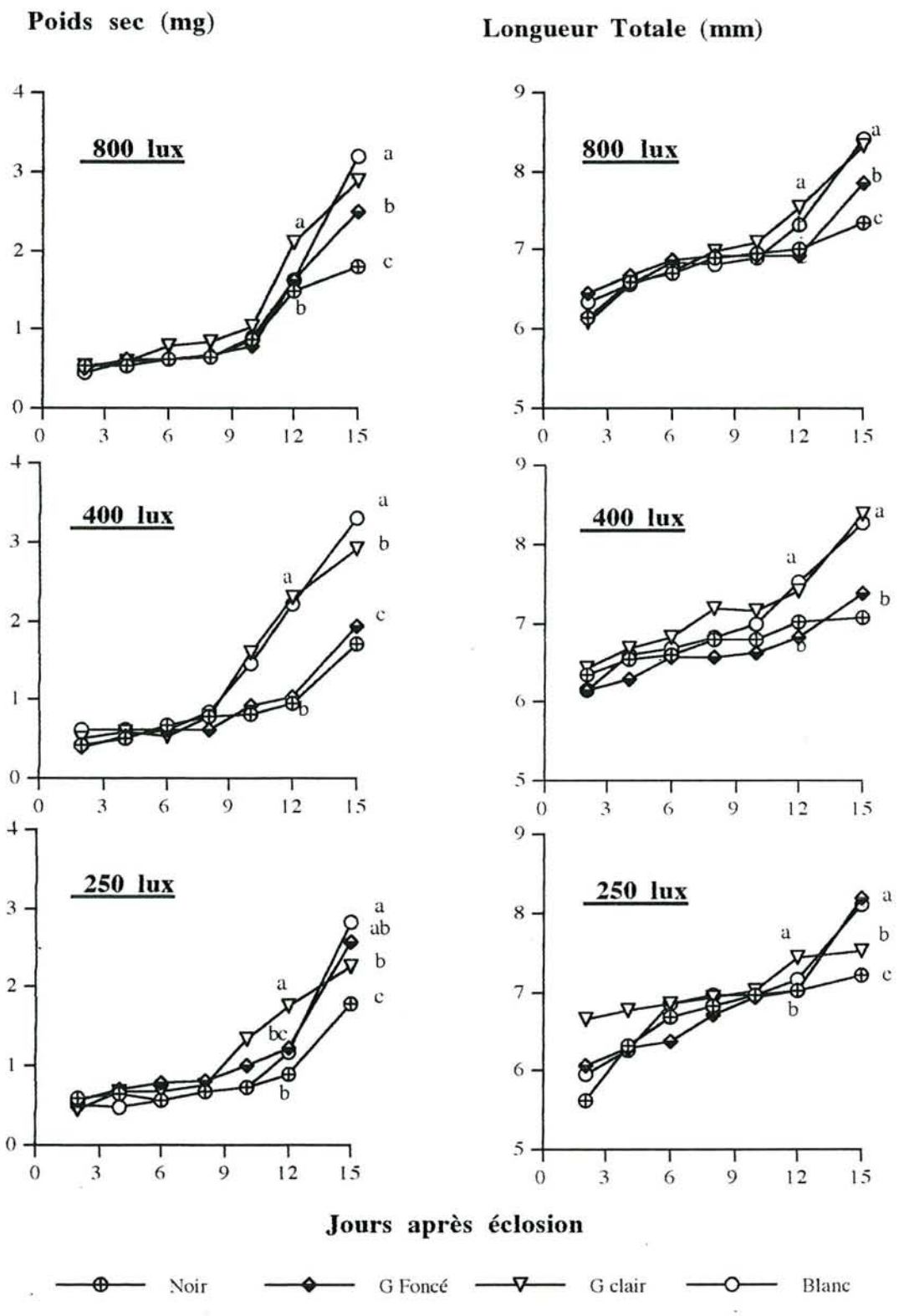


Figure 11. Croissance pondérale et croissance en longueur moyennes des larves de perches élevées sous trois intensités lumineuses dans des bassins de différentes couleurs. Les moyennes ayant une même lettre à la même période ne sont pas significativement différentes ($p<0,05$). Aucune différence significative n'est enregistrée de J2 à J10.

Tableau 8. Analyses de variance non-paramétriques à 2 facteurs : intensité lumineuse (L) et couleur des parois des bassins (C) sur le poids et la longueur moyennes des larves de *Perca fluviatilis* nourries d'aliment artificiel pendant les 15 premiers jours d'élevage. Les moyennes classées par ordre décroissant sont comparées à l'aide du test de Tukey. ddl : degrés de liberté; (*) : significatif au seuil de 5 %; —— : groupes homogènes.

	Source de variation	Variance		ddl	H		Groupes homogènes	
Age (j)		Poids	Longueur		Poids	Longueur	Poids	Longueur
	L	1263, 5	472,6	2	0,49	0,39		
2	C	602,6	2965,2	3	0,64	2,45		
	L x C	775,6	724,3	6	1,42	0,60		
	L	794,0	1736,8	2	0,65	1,43		
4	C	883,5	1372,2	3	0,73	1,13		
	L x C	1619,2	1068,2	6	1,34	0,88		
	L	627,5	789,8	2	0,52	0,65		
6	C	1325,9	1798,9	3	1,09	1,48		
	L x C	1467,5	1160,1	6	1,21	0,96		
	L	185,6	274,5	2	0,15	0,22		
8	C	495,9	3302,9	3	0,41	2,73		
	L x C	2043,9	574,9	6	1,69	0,47		
	L	4373,0	625,7	2	3,61	0,51		
10	C	7050,3	3720,6	3	5,82	3,07		
	L x C	2606,6	151	6	2,15	0,12		
	L	4034,3	227,8	2	3,33	0,19		
12	C	11881,4	10275,4	3	9,82*	8,5*	Gc B Gf N	G B N Gf
	L x C	4890,5	2875,2	6	4,04	2,37		
	L	43381,3	48254,6	2	1,1	11,8*		800 400 250
15	C	132048,0	100778,3	3	32,29 *	24,65*	B Gc Gf N	B Gc Gf N
	L x C	72165,64	58183,17	6	17,65 *	24,65*	@	@

@) Groupes homogènes pour les interactions

Poids : B_{400} B_{800} C_{400} B_{250} C_{800} F_{800} F_{250} C_{250} N_{800} N_{400} F_{400} N_{250}

Longueur : B_{800} C_{400} C_{800} B_{400} B_{250} F_{250} F_{800} C_{250} N_{800} N_{400} F_{400} N_{250}

3.4 - DISCUSSION

Notre étude montre que les larves survivent mieux dans les bassins clairs que dans les bassins sombres. Ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par Hinshaw (1985) chez les larves (nourries avec des cystes bruns d'artémie) de *P. flavescens* de même âge, dont la structure rétinienne est identique à celle de *P. fluviatilis* (Collette *et al.*, 1977). De même, nous avons mis en évidence qu'une intensité de 250 lux permet de gagner 3 % de survie par rapport aux intensités de 400 et de 800 lux. Les mortalités massives enregistrées entre J6 et J10 semblent inéluctables; elles sont observées dans toutes les unités d'élevage et sont très vraisemblablement dues à l'exotrophie ou au refus d'aliment artificiel. Il est possible également que les besoins nutritionnels des larves ne soient pas totalement couverts par les aliments distribués.

La coloration des bassins et/ou l'éclairage agissent indirectement sur les larves de poissons. En générant un fort contraste, ils peuvent augmenter l'efficacité de la perception des proies et par conséquent améliore leur capture (Ounaïs-Guschemann, 1989; Bristow et Summerfelt, 1994). Chez *P. flavescens*, un faible éclairage associé à un faible contraste provoque un retard de 1 à 2 jours dans la première prise de nourriture exogène (Hinshaw, 1986).

La présente étude montre aussi que les larves de *Perca fluviatilis* peuvent être nourries avec du zooplancton congelé dès l'ouverture de la bouche à J2-J3. A cet âge, les yeux des larves ne sont pourvus que de cônes simples (Guma'a, 1982) et leur pouvoir de résolution reste faible; les bâtonnets n'étant pas encore formés, les réponses rétinomotrices (Ali et Anctil, 1968; Ali, 1971) ne peuvent se manifester (Ahlbert, 1970; 1975; Guma'a, 1982). Il semblerait donc que l'ingestion du zooplancton pendant les trois premiers jours se fasse de façon aléatoire. L'acceptation précoce d'un aliment exogène reste cependant insuffisante pour éviter les fortes mortalités enregistrées pendant les dix premiers jours d'élevage.

Certains auteurs estiment cependant que les parois sombres des bassins d'élevage rendent les proies plus visibles (Blaxter, 1980; Hinshaw, 1986; Ronzani-Cerqueira, 1986; Ounaïs-Guschemann, 1989). L'antagonisme entre nos données et celles de ces auteurs peut être expliqué par la couleur différente de l'aliment : brun-jaunâtre pour notre granulé et transparent (rotifères) ou rouge (artémies) pour les aliments de ces auteurs.
Hinshaw (1986) relate que les larves de *P. flavescens* consomment plus de cystes d'artémies brun-sombre dans les unités d'élevage blanches que dans les noires.

En utilisant des colorants alimentaires, Ginetz et Larkin (1973), Dendrinos *et al.* (1984) et Masterson et Garling (1986) concluent que les aliments sélectionnés par les poissons reflètent parfaitement leur degré de contraste avec la couleur les bassins d'élevage. Il se peut que notre aliment brun-jaunâtre soit plus visible dans les bassins clairs que dans les sombres. Cet argument serait renforcé par l'observation des taux de croissance les plus faibles dans ces bassins. Il confirmerait ainsi la possibilité d'une amélioration alimentaire grâce à une meilleure visibilité de l'aliment.

La couleur des bassins d'élevage peut modifier directement le comportement de certaines larves de poissons. Corazza et Nickum (1981) et Hinshaw (1985; 1986) signalent respectivement chez *Stizostedion vitreum* et *P. flavescens*, deux autres Percidés, que les larves sont fortement attirées par les parois blanches et n'arrivent plus à se nourrir. Chez des larves marines comme *Dicentrarchus labrax*, Barnabé (1976) surnomme ce phénomène "l'effet miroir". En revanche, Houde (1973) n'a éprouvé aucune difficulté à nourrir les larves de *Anchoa mitchilli*, *Harengula pensacolae* et *Sphyraena borealis* dans des bassins blancs. L'auteur remarque même, chez *Harengula pensacolae* que les larves se comportent anormalement dans les bassins noirs. Dans le cas présent, quelle que soit l'intensité lumineuse ou la couleur des bassins, les larves se répartissent dans leur milieu d'une façon identique. Ahlbert (1970) précise que les yeux de *P. fluviatilis* renferment un nombre plus important de cônes dans l'axe horizontal que dans les parties dorsale et ventrale de la rétine. Ceci indique que l'oeil est spécialisé dans la vision directe et les larves seraient ainsi peu influencées par la lumière et/ou la couleur du fond des bassins. Ce fait est spécialement bien démontré chez les larves marines de *Dicentrarchus labrax* et *Sparus auratus* pour qui la couleur du fond des bassins n'induit ni une différence de survie ni une différence de croissance (Ronzani-Cerqueria, 1986; Ounaïs-Guschemann, 1989). Il convient tout de même de noter que les expériences sur les Percidés sont réalisées dans des récipients de très faibles volumes (2 à 4 litres) ne dépassant guère 270 mm de profondeur, alors que nos unités d'élevage ont un volume de près de 100 litres pour une profondeur d'un mètre.

L'apparition d'une influence significative et conjointe de la lumière et de la couleur des bassins sur la croissance après 15 jours d'élevage prouve que ces deux facteurs sont importants pour induire un contraste pendant les premiers jours de la vie de *Perca fluviatilis*. Les meilleures croissances sont observées chez les larves soumises à un fort éclairage. D'après ces constatations, la phototaxie très positive des jeunes perches (Dabrowski, 1982; Manci *et al.*, 1983; Craig, 1987) est vérifiée. En utilisant une unité de mesure différente, Dabrowski (1982) établit une limite inférieure à $9{,}10^{-3}$ cal cm^{-2} min^{-1} (environ 1500 lux) en dessous de laquelle la consommation des alevins de perches décroît.

Dans notre cas, il est difficile d'établir un seuil préférentiel car les croissances ne suivent pas les mêmes évolutions que les survies. En effet, on enregistre un faible taux de survie dans les lots à forte intensité. Cette situation est déjà signalée par Ronzani-Cerqueria (1986) et Ounaïs-Guschemann (1989) respectivement chez *Dicentrarchus labrax* et *Sparus auratus*. Elle s'expliquerait par un bilan énergétique négatif : si les larves se déplacent et chassent davantage dans un milieu plus éclairé, leurs capacités d'ingestion sont cependant limitées et ne suffisent pas à couvrir leurs dépenses énergétiques. Il aurait été intéressant de comparer les taux de réplétion gastrique des larves pour vérifier dans quelles conditions on obtient une meilleure prise alimentaire et de poursuivre l'expérience au-delà de 15 jours pour vérifier ces hypothèses.

TROISIEME PARTIE

SEVRAGE ET GROSSISSEMENT DES PERCHES (0^+ et 1^+)

CHAPITRE IV

Effet du type d'aliment (foie de boeuf, aliment hydraté, poisson fourrage et aliment sec) sur la survie et la croissance des perches en milieu contrôlé

4.1 - INTRODUCTION

En Europe, l'élevage de la perche *P. fluviatilis* est occasionnel et se pratique essentiellement en étang (Mélard et Philippart, 1984). Cette production extensive, souvent aléatoire, ne peut satisfaire la forte demande des marchés français et européen (Tamazouzt *et al.*, 1993b), malgré une exploitation halieutique de lacs ou de grands bassins fluviaux (Spangler *et al.*, 1977).

L'élevage intensif pourrait être un palliatif aux insuffisances quantitatives (consommation et pêche sportive insatisfaites) et qualitatives (individus de petite taille) du marché de la perche commune (Goubier et Marchandise, 1990). Les bases écologiques de la perche d'une année en milieu naturel sont largement étudiées (Biró, 1977; Chappaz *et al.*, 1989; Karås, 1990; Flesch, 1994 b), tandis que les données sur son élevage restent rares.

Au contraire, la production en milieu confiné de la perche américaine *P. flavescens*, dont la biologie est très comparable (Thorpe, 1977b), a fait l'objet de nombreux travaux. Ces derniers montrent que des juvéniles préalablement élevés en étang s'adaptent avec succès à une alimentation artificielle en bassin, après une phase transitoire à l'aide d'une alimentation carnée inerte (Schott *et al.*, 1978; Heidinger et Kayes, 1986). Un passage direct à l'aliment composé conduit cependant à des taux de survie inférieurs à 50% (Best, 1981). Il établit une corrélation entre le taux de survie des perches et la taille des individus au moment du sevrage.

Pour des individus issus du milieu naturel, une contrainte majeure dans la réussite et le développement de techniques d'élevage intensif d'espèces carnassières réside dans le passage d'un aliment naturel vivant à un aliment composé inerte (Graff, 1978; Masterson et Garling, 1986), mais aussi dans la fréquence du cannibalisme chez des populations plurimodales et/ou territoriales (Smith et Reay, 1991; Hecht et Pienaar, 1993). Le phénomène du nanisme, longtemps attribué à la perche fluviatile (Hoestlandt, 1980), le cannibalisme et la difficulté d'adaptation aux conditions artificielles (Jezierska, 1974; Dreyer, 1987) sont les principaux facteurs limitant *a priori* les investigations et *a fortiori* le développement d'une perciculture intensive.

En milieu naturel, les perches de l'année (0^+ et 1^+) ont une croissance lente. Elles servent le plus souvent comme poissons d'accompagnement des autres carnassiers. La valorisation de ces perchettes, dont on peut relativement disposer lors des pêches d'étang, est l'une des voies à explorer pour favoriser une intensification de leur élevage

Notre objectif est de tester l'intérêt d'une phase transitoire à base de foie de bœuf et l'incidence de l'hydratation d'un aliment composé, sur le sevrage en circuit fermé de perchettes produites extensivement en étang. L'adaptation de ces perches à un environnement contrôlé et leurs principales causes de mortalité sont en outre étudiées.

4.2 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

a - Protocole général

Toutes les perches utilisées dans ces études proviennent de l'étang de Lindre, en automne 1991, 1992 et 1993. Elles sont triées selon la disponibilité et la prédominance de la classe de taille, puis transportées au laboratoire. La température de l'eau du bac de transport est de 8 ± 1°C, celle des bassins d'élevage (eau du réseau de distribution) de 17 ± 2°C. Dès leur arrivée au laboratoire, les poissons subissent un traitement prophylactique au formol-vert malachite (0,25 ml / l d'eau d'un mélange composé de 10 ml de formol, 40 mg de vert malachite et 90 ml d'eau distillée, Lombart, 1985). Les expériences ne débutent qu'après une semaine d'acclimatation au circuit fermé.

Lors de chaque expérience, les poissons sont répartis d'une manière aléatoire en 4 lots égaux de 300 individus. Chaque lot est placé dans un bac rectangulaire de 1750 l, en polyester stratifié avec vitre frontale et fonctionnant en eau recyclée (figure 2).

Pour des raisons techniques, tenant essentiellement à la présence dans la même enceinte d'autres élevages ayant des exigences différentes, la température (17 ± 2°C en moyenne) et la photopériode (12/12) adoptées sont légèrement différentes des valeurs considérées comme optimales pour *P. flavescens* (Huh *et al.*, 1976; Hokanson 1977). La lumière est de type blanc industriel et l'intensité lumineuse est de 120 lux à la surface de l'eau.

Les valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physico-chimiques relevés au cours des expérimentations de sevrage, sont rapportées dans le tableau 9.

Tableau 9. Valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physico-chimiques enregistrées au cours des différentes expérimentations de sevrage (66 jours).

Physico-chimie		Essai 1		Essai 2		Essai 3	
		Foie + Miettes	Miettes sèches	Miettes hydratées	Miettes sèches	Poisson fourrage	Miettes sèches
Temp (°C)	Moy	17,1	17,2	17,6	17,3	19,0	19,2
	Mini	13,6	13,7	17,0	17,0	18,7	17,4
	Maxi	18,4	18,9	18,5	18,5	20,2	20,0
pH	Moy	7,4	7,2	6,9	6,9	6,7	7,1
	Mini	6,6	6,7	6,2	6,0	5,2	6,0
	Maxi	8,2	8,0	7,3	7,3	7,6	7,6
O2 (mg/l)	Moy	8,0	7,5	8,6	8,4	8,6	8,8
	Mini	6,7	6,4	7,5	7,9	7,2	7,6
	Maxi	9,4	9,3	9,1	8,9	9,7	10,5
Cond (µmhos)	Moy	350	360	500	480	1100	750
	Mini	190	200	250	250	230	250
	Maxi	460	470	800	700	2800	1200
$N\text{-}NH_4^+$(mg/l)	Moy	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2
	Mini	0,0	0,0	0,1	0,1	0,0	0,0
	Maxi	0,1	0,1	0,6	0,4	1,6	0,8
$N\text{-}NO_2^-$ (mg/l)	Moy	0,2	0,1	0,2	0,3	0,2	0,1
	Mini	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0
	Maxi	0,2	0,2	0,6	0,7	0,6	0,3

Pendant les 4 premiers jours de chaque expérience, les perches sont nourries avec une ration quotidienne de 5 à 15g. L'aliment utilisé est constitué de miettes 1 Trouvit pour Salmonidés de 1,5 mm de diamètre (tableau 2). Après cette période d'initiation, les rations (1,5 % du poids vif) sont distribuées manuellement à raison de 4 repas par jours (9h à 18h).

L'entretien des bacs consiste à siphonner hebdomadairement les fèces et la nourriture non consommée, qui n'ont pas été aspirées par le compartiment de filtration. Ce dernier est purgé mensuellement afin de limiter le risque de colmatage des filtres. Après chaque purge, un apport d'eau de conduite compense les pertes, ce qui assure un renouvellement de 18 % du volume total.

Chaque jour, les poissons morts sont retirés des bacs et classés selon 3 causes principales de mortalité (photo 1):

-refus de l'aliment (poissons maigres).

-problèmes pathologiques (cadavres présentant des nécroses, mycoses...).

-cannibalisme (cadavres à yeux énuclés ou régurgités).

Au terme de l'expérience, l'effectif manquant est attribué au cannibalisme. Un échantillon d'au moins 20% des spécimens de chaque bassin est anesthésié à l'éthylèneglycolmonophényl-éther (C_8-H_{10} O_2) dosé à 0,3 ml/l d'eau. Chaque individu est pesé et mesuré.

b - Expérience 1

Des perches d'un poids individuel moyen de 12,50 ± 1,01 g et d'une longueur totale moyenne de 10,20 ± 0,17 cm sont pêchées, les 22 et 23 octobre 1991.

L'expérience consiste à faire passer les poissons progressivement, grâce à une phase transitoire à base de foie de bœuf mixé, d'une alimentation naturelle à une alimentation composée. Deux lots (G1, G2) sont nourris uniquement avec des miettes 1 pendant toute la période du sevrage et deux autres (F1, F2) ne reçoivent initialement (18 jours) que du foie de boeuf cru, broyé en petites particules. Pour ces derniers lots, des quantités croissantes de miettes 1 sont incorporées au foie. D'un point de vue biologique, il paraît indispensable de bien broyer le foie afin d'éviter les problèmes d'obturation de l'oesophage observés lors d'un essai préliminaire.

L'apparition de problèmes pathologiques en cours d'expérimentation nécessite une antibiothérapie à l'aide d'acide oxolinique (20 mg/kg de poisson). Dès la mise en évidence d'*Aeronomas hydrophyla* par le Laboratoire des Services Vétérinaires départementaux de Colmar (Haut-Rhin), ce traitement est appliquée *via* l'alimentation. Afin de ne pas accroître le stress des poissons, les perches ne sont pesées et mesurées qu'au début et à la fin de l'expérience.

c - Expérience 2

Des perchettes (P = 3,09 ± 0,19 g; LT = 7,56 ± 0,11 cm; n=120) sont pêchées le 14 décembre 1992, puis transportées au laboratoire le lendemain.

Deux groupes de perches H1 et H2 sont nourris avec 5 à 27 g d'aliment pour salmonidés imbibé de 10 ml d'eau au cours d'expérience. Les perchettes des bacs M1 et M2 reçoivent des miettes sèches (5 à 18 g). Un traitement à l'acide oxolinique est assuré *via* l'alimentation durant la première semaine d'élevage. Toutes les 2 semaines, 10% de l'effectif initial sont prélevés au hasard dans chaque bac. Après anesthésie, ces perchettes sont pesées et mesurées individuellement, avant de retourner dans leur bassin.

d - Expérience 3

Des poissons (P=19,43 ± 1,23 g; LT=12,09 ± 0,23 cm; n=120) sont pêchés le 6 novembre 1993 et transférés au laboratoire le lendemain. Ils sont ensuite répartis en quatres lots (T1, T2, C1, C2). Les perches du groupe (T) reçoivent 300 à 1000 g de fourrage pêché dans des étangs, constitué essentiellement par *Leucaspius delineatus* (P= 0,93 g; LT= 4,81 cm). A ce stade en effet, les perches sont ichthyophages (Jezierska, 1974; Chodorowska et Chodorowski, 1969; 1975). Les perches des lots C1 et C2 sont nourries avec des miettes 1, auxquelles est incorporé de l'acide oxolinique durant la première semaine de sevrage. Un suivi biométrique est réalisé selon des modalités identiques à celles exposées dans l'expérience 2.

e - Analyse statistique

Une analyse statistique des données est effectuée à l'aide du Logiciel STATVIEW 512 : une analyse de la variance à un seul facteur (seuil de 5 %) est utilisée pour la comparaison des moyennes entre les groupes de chaque expérience. Les taux de survie sont comparés, dans un tableau de contingence, par le test de khi 2, en fonction du type d'alimentation (Dagnelie, 1975).

4.3 - RÉSULTATS

a - Expérience 1

Après la phase d'initiation de 4 jours, la majorité des perches des bacs F1 et F2 acceptent le foie de boeuf et leur activité alimentaire augmente dans le temps. En revanche, celles des bacs G1 et G2 ignorent complètement l'aliment composé durant cette première phase. Des prises d'aliment très timides sont observées après 6 jours d'élevage.

Aussi, le refus d'aliment semble affaiblir les perches qui, sous-alimentées, développent des pathologies opportunistes. Les poissons nourris directement avec les miettes montrent un taux de survie plus faible (32 %, 19 %) que ceux bénéficiant du foie et des miettes 1 (54 %, 50 %) ($\chi 2$=47,05; ddl=3; p=0,0001), (tableau 10). Les forts taux de mortalité sont attribuables, par ordre d'importance : au refus de l'aliment, à une aéromonose et au cannibalisme (figure 11). La vitesse d'adaptation à une nouvelle alimentation est plus lente dans le groupe G que dans le groupe F et par conséquent, les croissances pondérale (F =20; p=0,0001) et longitudinale (F =15,62; p=0,0001), ainsi que le coefficient de condition (F =33,5; p=0,0001), sont plus faibles pour G que pour F (tableau 10).

Aussi un retard dans l'acceptation d'une nouvelle alimentation au sein d'un lot influence-t-il considérablement l'homogénéité des lots (figure 12).

b - Expérience 2

Les poissons des deux groupes ignorent l'aliment distribué pendant les 4 premiers jours de sevrage. Les perchettes des lots H1 et H2 manifestent leur intérêt pour les miettes hydratées au bout de 9 jours d'élevage, alors que celles des lots M1 et M2 ne réagissent que 4 jours plus tard, soit au 13ème jour. Les perchettes nourries à l'aliment sec enregistrent 61 et 62 % de mortalité contre 56 et 54% chez celles alimentées avec des miettes préalablement hydratées (figure 11). La différence n'est pas significative ($\chi 2=2,19$; ddl=3; p= 0,53) (tableau 10). L'importance relative des principales causes de mortalité est présentée dans la figure 11. Aucune différence significative n'est observée entre les croissances linéaires (F=2,61; p=0,11) et entre les coefficients de condition (F=0,12; p= 0,72). Néanmoins, l'accroissement pondéral est plus élevé dans H que dans M (F=6,51; p=0,01). De même, la disparité entre les classes pondérales du groupe M est plus prononcée qu'entre celles du groupe H.

c - Expérience 3

Les perches nourries avec du poisson fourrage montrent une agressivité intense dès le premier jour de nourrissage. Les proies distribuées sont consommées au bout de 2 ou 3 minutes, alors que les perches nourries avec des miettes 1 ignorent leur aliment pendant les 4 premiers jours. Au cinquième jour de sevrage, une dizaine de poissons du bac C2 suivent les miettes aspirées vers la partie filtration et les attaquent. Un comportement alimentaire normal est observé dans le groupe C après deux semaines d'élevage.

La quasi-totalité des perches du groupe T s'alimente. Les mortalités attribuées au refus de l'aliment et au cannibalisme sont très faibles par rapport à celles imputables à l'aéromonose. Le taux de mortalité globale est de 12,5% (figure 11). Contrairement au groupe T, où les mortalités dues au refus de l'aliment restent faibles, les mortalités totales du groupe C atteignent 42,67% (figure 11). Les différences entre les taux de survie des deux groupes sont très significatives ($\chi 2=29,5$; ddl=3; p=0,0001). L'activité alimentaire influence également les performances de croissance et les différences sont là encore très significatives (p=0,0001). Les variations pondérales sont plus marquées parmi les individus du groupe C qu'au sein du groupe T.

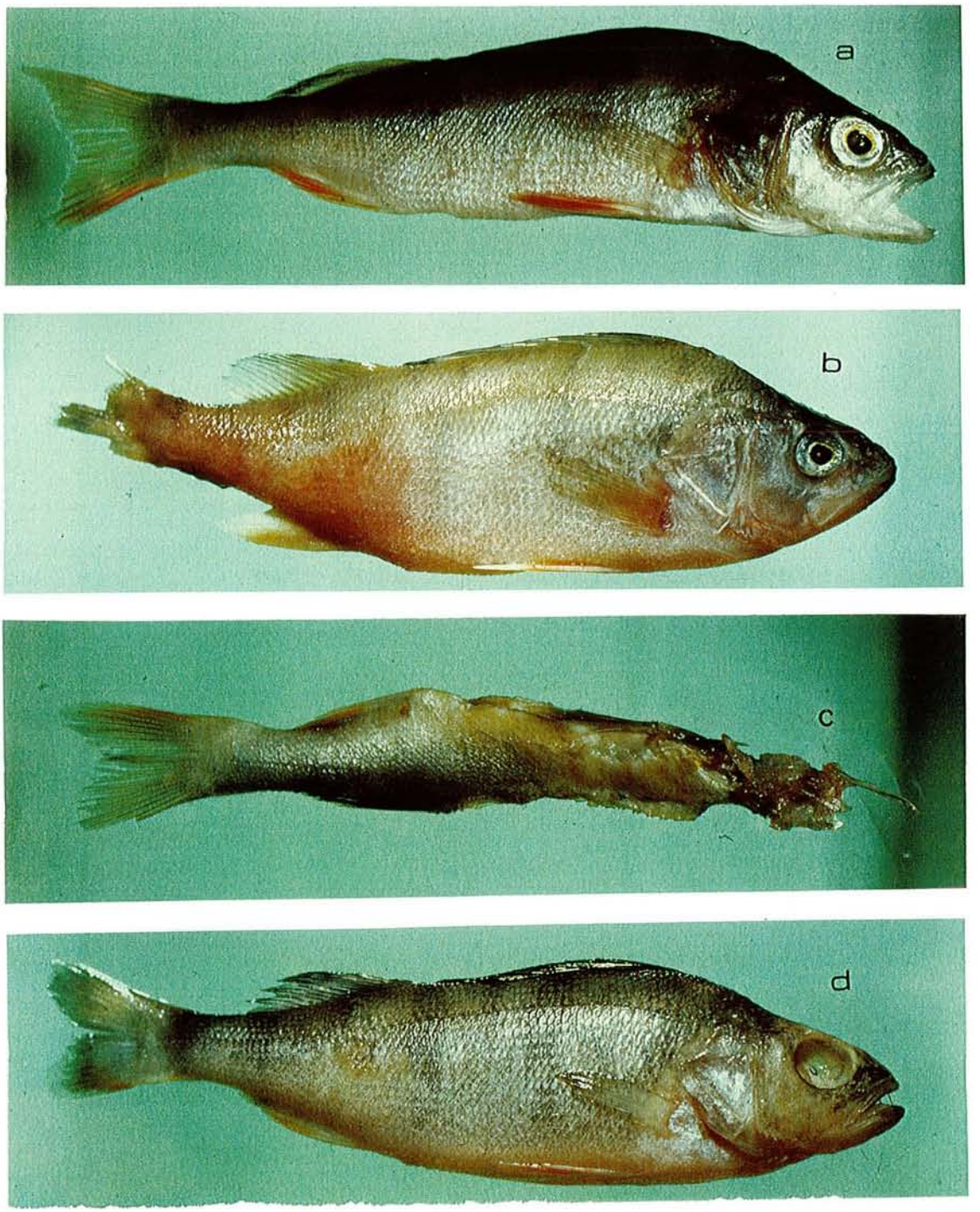


Photo 1. Principales causes de mortalités chez *Perca fluviatilis* élevée en milieu contrôlé et nourrie à un aliment artificiel : a - perche maigre (refus d'aliment), b - problèmes pathologiques (*Aeromonas hydrophyla*), c - cannibalisme et régurgitation, d - aggressivité et poisson avec des yeux énuclés.

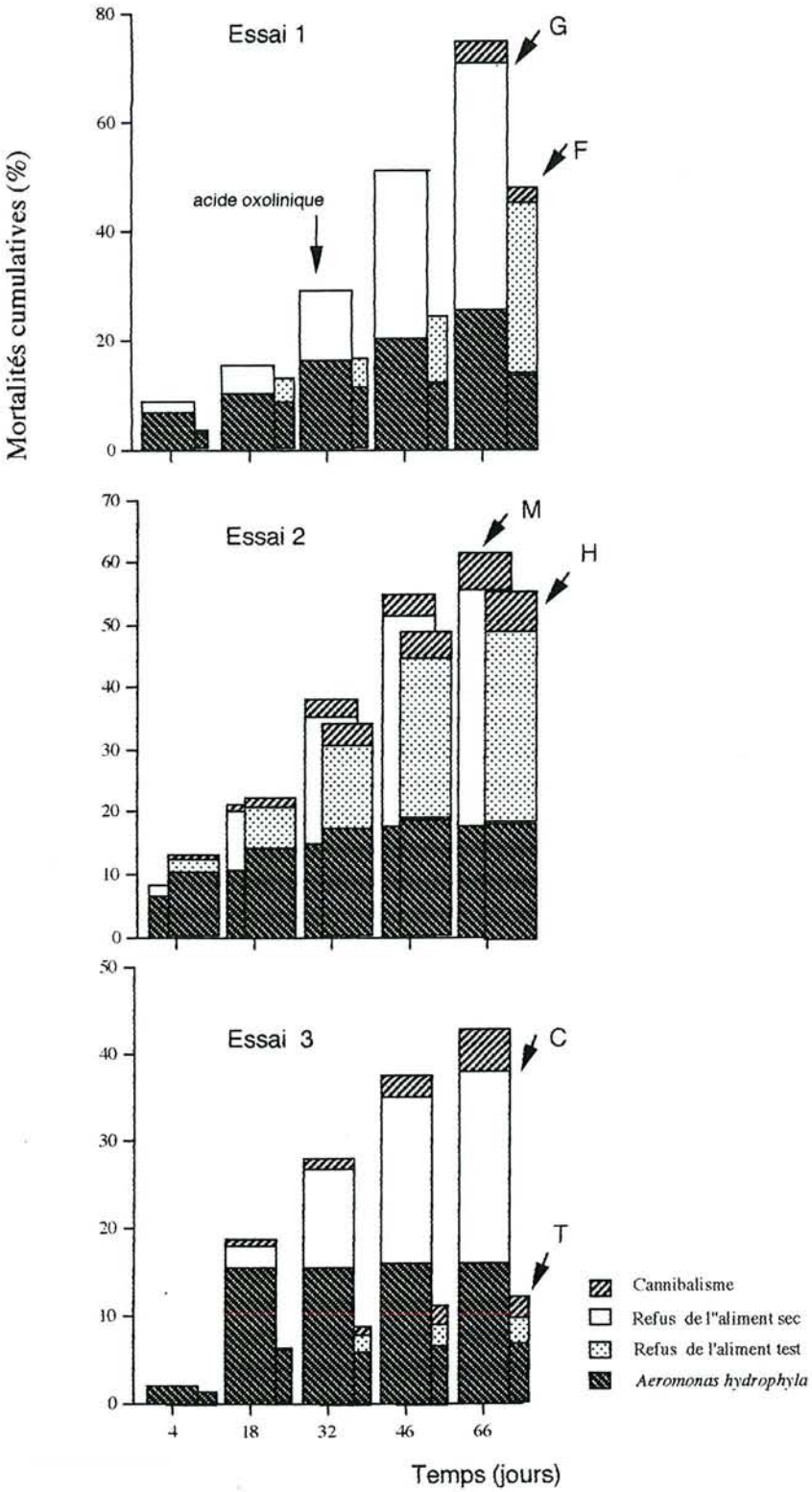


Figure 11. Taux moyens de mortalité cumulative des perches groupées en 600 individus par tests dans trois expériences, en fonction de ses principales causes : refus de l'aliment, pathologie ou cannibalisme durant 66 jours d'élevage.

Tableau 10. Valeurs moyennes individuelles de poids, longueur totale, coefficient de condition et taux de survie de perches observées avant et après chaque expérimentation.

Exp	Lots	P ± IC	LT± IC	K± IC	Eff.	Echant. mesuré	Morts dénombrés	Survie (%)
			DONNÉES INITIALES					
1	F ; G	12,5 ± 1,01	10,2 ± 0,17	1,1 ± 0,02	1200	103	-	-
2	H ; M	3,1 ± 0,19	7,6 ± 0,11	0,7 ± 0,03	1200	110	-	-
3	T ; C	19,4 ± 1,23	12,1 ± 0,23	1,1 ± 0,02	1200	120	-	-
			DONNÉES FINALES					
1	F1	19,8 ± 3,18 a	12,1 ± 0,42 a	1,1 ± 0,08 a	163	35	133	54,3 a
	F2	21,5 ± 2,32 a	12,1 ± 0,33 a	1,2 ± 0,1 a	151	49	138	50,3 a
	G1	13,6 ± 7,3 b	11,1 ± 1,2 b	0,9 ± 0,2 b	96	38	195	32,0 b
	G2	16,2 ± 9,0 b	11,6 ± 1,3 b	1,0 ± 0,04 b	57	57	229	19,0 d
2	H1	7,7 ± 0,6 c	8,7 ± 0,17 c	1,1 ± 0,03 c	131	131	162	43,7 cb
	H2	8,0 ± 0,51 c	8,9 ± 1,14 c	1,1 ± 0,03 c	137	137	154	45,7 c
	M1	7,2 ± 0,65 c	8,5 ± 0,18 c	1,1 ± 0,03 c	113	113	174	39,0 bd
	M2	8,3 ± 0,9 c	8,8 ± 0,22 c	1,1 ± 0,04 c	117	117	184	37,7 d
3	T1	61,0 ± 3,81 d	16,3 ± 0,32d	1,4 ± 0,02 d	255	140	40	85,0 d
	T2	63,4 ± 3,72 d	16,4 ± 0,30 d	1,4 ± 0,02 d	270	140	30	90,0 d
	C1	48,6 ± 3,69 e	15,1 ± 0,32 e	1,3 ± 0,03 e	140	140	154	46,7 e
	C2	46,1 ± 3,66 e	14,9 ± 0,36 e	1,3 ± 0,02 e	204	140	95	68,0 c

Exp : Expérience, Eff : Effectif, P : Poids moyen individuel ± Intervalle de Confiance à 95% (g) LT : Longueur Totale moyenne (cm), K : Coefficient de condition ($K = P/_{LT}3\ 100$). Les moyennes de la colonne de même expérience n'ayant pas le même indice sont significativement différentes ($P<0,05$).

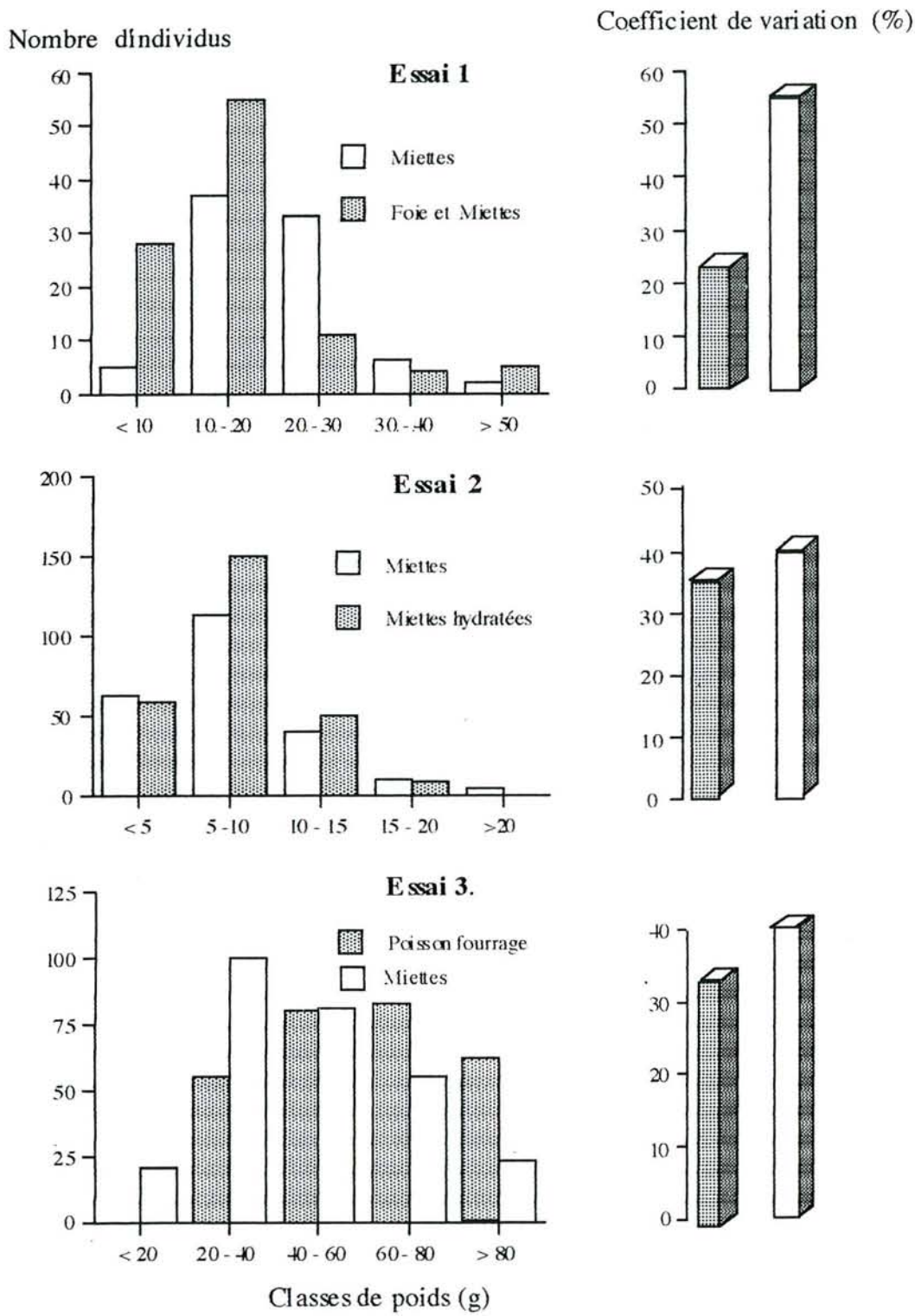


Figure 12. Effet du type d'aliment d'élevage des 3 expériences sur la distribution des classes de poids et sur le coefficient de variation pondérale des perches à la fin du sevrage.

4.4 - DISCUSSION

Comportement

L'adaptation des poissons au confinement est un préalable indispensable à toute perspective d'élevage. Nos expériences montrent que la nature de l'aliment joue un rôle prépondérant dans la vitesse d'adaptation de la perche commune à son nouveau milieu. Les perches nourries avec du poisson fourrage attaquent frénétiquement leur proie dès le premier jour de distribution et les poissons des groupes F et H acceptent plus rapidement leur aliment que ceux recevant l'aliment sec. Après sevrage, les perches se nourrissent préférentiellement en surface, les particules non ingérées durant leur chute étant néanmoins consommées sur le fond. Elles montrent en outre un haut degré d'adaptabilité au circuit fermé (regroupement autour du point de nourrissage, comportement grégaire, déplacement en fonction de ceux du personnel le long de la vitre frontale), comparable à celui des Salmonidés.

Survie et croissance

Les forts taux de mortalité observés peuvent être attribués par ordre d'importance décroissant au refus de l'aliment inerte, aux problèmes pathologiques et au comportement agressif ou cannibale. Dans le premier cas, les cadavres sont généralement maigres avec un estomac vide, alors que dans le deuxième, les morts présentent des nageoires cotonneuses et des nécroses cutanées. Les manipulations initiales (capture, tri, stockage) associées au changement d'alimentation favorisent une sensibilité accrue aux organismes pathogènes (*Aeromonas hydrophyla*). Globalement, la mortalité imputable à la maladie avoisine les 20 et 30% respectivement dans les groupes M et G, alors qu'elle n'est que de 7% dans le groupe T.
Un traitement à l'acide oxolinique réduirait la virulence d'*Aeromonas hydrophyla*. Ultérieurement (mars 1992) dans un bassin de 6000 l, l'application d'une antibiothérapie sur des perchettes (P = 12 g), pendant la première semaine d'élevage, a confirmé l'intérêt de l'acide oxolinique. Sur une période de 52 jours, un taux de survie de 85% a été obtenu à l'issue de cet essai complémentaire.
Les effets d'un tel traitement sont cependant liés à l'acceptation du nouveau régime alimentaire. Son efficacité reste à prouver, notamment dans le cas d'une alimentation exclusivement à base de miettes sèches.

Si les perches adultes sont carnivores à plus de 95 % en milieu naturel (Chikova, 1970), les mortalités liées au comportement cannibale ne dépassent pas 6% de la mortalité totale dans notre cas. Best (1981) estime qu'il est responsable de plus de 80% des mortalités chez des juvéniles *P. flavescens* non triés dans les bassins.

Le tri des perches avant chacune de nos expériences a probablement réduit les cohortes cannibales. Des populations plus homogènes induisent ainsi une prédation intracohorte faible (Smith et Reay, 1991).

Le taux de cannibalisme enregistré est relativement constant, quel que soit le type d'aliment. Nos résultats divergent de ceux de Hecht et Pienaar (1993) ou de ceux de Efthimiou *et al.* (1994) qui suggèrent que l'aliment composé est un facteur favorisant le cannibalisme chez les juvéniles d'espèces carnassières.

L'initiation de perchettes sauvages à un aliment composé peut atteindre un taux de réussite de 68%. Nos résultats sont en accord avec ceux rapportés par Malison et Held (1992) sur la perche jaune d'un été. En revanche, ils restent relativement en dessous de ceux enregistrés par Benoit (1968) (78 %) et Best (1981) (98 %) avec des juvéniles de *P. flavescens* de plus de 3 cm de longueur. Toutefois, la durée de leurs expérimentations (23 et 10 jours), dans des petites unités d'élevage avec un faible effectif, n'autorise pas de conclusions définitives.

Les effets du foie sur l'adaptation à l'aliment artificiel et sur les performances zootechniques sont très nets. Ceci confirme les résultats de Iwai *et al.* (1992) sur un perciforme juvénile, *Coryphaena hippurus*. Il semble que le foie de boeuf broyé soit l'aliment inerte dont la composition chimique globale se rapproche le plus de celle des proies zooplanctoniques (Louchet, 1961). Le remplacement d'un régime alimentaire composé de proies vivantes par une alimentation carnée inerte (foie) permettrait de réduire le stress lié à un changement brusque de la nature de l'aliment. De plus, dans le milieu naturel, les poissons développent un système digestif approprié à une alimentation contenant seulement 5 à 20% de matière sèche (Windell *et al.*, 1969). Il est connu que la texture de l'aliment contribue à son acceptation (Masterson et Garling, 1986). Un aliment semi-humide facilite peut-être sa digestibilité par les poissons. Jobling (1986) attribue ce phénomène à la faible teneur énergétique par unité de volume.

Cette transition améliorerait l'efficacité alimentaire des perchettes mais pas la survie. Le taux de croissance pondérale obtenu dans l'expérience 2 est significativement plus élevés chez les perches nourries aux miettes hydratées (H) que chez celles nourries aux miettes sèches (M). Les qualités organoleptiques d'un aliment seraient mieux perçues à l'état humidifié qu'à l'état sec. L'apparition hâtive d'un comportement alimentaire actif et adéquat est vraisemblablement liée à une plus grande appétence. Mais les effets combinés des facteurs agissant sur l'appétit sont rarement prouvés du fait de la complexité des mécanismes mis en jeu (Schneider, 1973b).

Evidemment, la nourriture composée de poissons vivants assure une croissance nettement supérieure à celle induite par les autres régimes alimentaires. Dès les premières semaines d'élevage, les animaux recevant l'aliment inerte accusent un retard de croissance. Ce ralentissement est aussi évoqué chez la perche dans son milieu naturel (Hartmann, 1983) lors des transitions entre les stades planctophage, benthophage et ichtyophage.
Les proportions plus fortes de poissons maigres obtenues dans les groupes nourris exclusivement à l'aliment artificiel correspondent soit à une sous-alimentation des perches au début des essais, soit à une acceptation tardive de l'aliment. Le sevrage affecte également les caractéristiques morphométriques des poissons. Les variations de taille et surtout de poids sont plus marquées chez les perches nourries avec des miettes sèches qu'avec les autres régimes. Elles résultent des différences individuelles de vitesse de croissance et d'adaptation à une nouvelle nourriture. Ces variations au sein d'un même groupe peuvent être dues à la présence d'individus dominants. Une alimentation adéquate en quantité et en qualité favoriserait l'homogénéité des lots de perches.

D'après nos résultats, la relation entre la croissance pondérale et longitudinale serait d'autant plus conforme à la norme spécifique de la perche, que l'aliment est mieux accepté. Le Cren (1951) obtient en Angleterre, dans deux lacs différents, des coefficients de condition inférieurs (0,95; 1,03) à ceux obtenus par nos soins. Par contre, Chikova (1973), cité par Thorpe (1977b), trouve dans une retenue d'eau (Kuybyshev) un coefficient de condition (1,43) légèrement supérieur à celui des perches qui bénéficient du poisson vivant (1,39).
Nourri avec du poisson fourrage, ce groupe subit moins de perturbations et ses performances zootechniques (survie et croissances) sont nettement supérieures. Cependant, d'un point de vue économique, un tel élevage nous paraît difficilement envisageable.

Les résultats obtenus sont d'autant plus prometteurs qu'un taux de mortalité relativement élevé (7 à 30 %) est imputable à une pathologie opportuniste (*Aeromonas hydrophyla*). Bien qu'inférieurs à ceux obtenus avec le lot T, les résultats enregistrés avec les lots F et H sont encourageants. Néanmoins, une analyse plus approfondie est délicate car les dates de capture, les tailles initiales et la durée pré-expérimentale sont différentes pour ces 3 expériences. Ces différences expliquent, en partie, les écarts obtenus entre les lots G, M et C.
Le sevrage en milieu contrôlé de perchettes de 7 à 12 cm issues du milieu naturel reste tout à fait réalisable, et cela d'autant plus que leur grossissement du stade 0^+ jusqu'à la taille marchande ne semble pas poser de problème majeur (Fontaine *et al.*, 1993; 1994). Dans le but de réduire les pathologies rencontrées dans nos systèmes d'élevage, des études complémentaires sur l'efficacité de l'acide oxolinique et sur le rôle du rayonnement ultrat-violet nous paraissent intéressantes à mener.

CHAPITRE V

Effet du rationnement alimentaire sur les performances zootechniques (survie, croissance) et sur la composition corporelle de la perche élevée en circuit fermé

5.1 - INTRODUCTION

Le taux de nourrissage journalier des poissons varie selon l'espèce, le stade physiologique, la température de l'eau et la teneur énergétique de l'aliment (Burrows, 1972; Schneider, 1973a; 1973b; Huh, 1975; Goolish et Adelman, 1984; Kerdchuen, 1992). Si la température de l'eau et la composition des aliments peuvent être contrôlés en pisciculture, les capacités métaboliques spécifiques des poissons restent difficiles à maîtriser. Aussi, la disponibilité alimentaire est-elle considérée comme un facteur prépondérant pour maximiser la production.

Cependant, une suralimentation induit non seulement un gaspillage de nourriture aux conséquences économiques non négligeables (Kerdchuen, 1992), mais aussi une pollution de l'eau d'élevage. D'un point de vue physiologique, l'excès de nourriture engendre des modifications, la maladie du foie gras notamment (Rosemblum *et al.*, 1994). Les répercussions négatives des fortes teneurs lipidiques sur l'aptitude à la transformation (filetage), ou sur la qualité organoleptique de la chair des poissons d'élevage, sont amplement décrites par Kaushik *et al.* (1991). Inversement, une sous-alimentation incite au cannibalisme chez les espèces carnassières (dont la perche) et peut nuire à la bonne santé des poissons. Une alimentation rationnelle s'impose donc pour une meilleure gestion d'un élevage.

En ce qui concerne *Perca fluviatilis*, un grand nombre d'études traitent de la quantité journalière de nourriture ingérée par les juvéniles (Popova et Sytina, 1977; Spanovskaya et Grygorash, 1977) et les adultes (Morgan, 1974; Solomon et Brafield, 1972; Thorpe, 1974; 1977a). Ces investigations qui se focalisent exclusivement sur une nourriture vivante, montrent que la perche est capable d'ingérer des quantités d'aliments variant entre 0,5 et 6,5 % de sa masse corporelle. Le taux de nourrissage permettant d'optimiser les performances zootechniques de la perche *P. fluviatilis*, élevée à un aliment artificiel en milieu confiné, n'a par contre jamais fait l'objet d'une étude particulière.

La présente étude a pour principal objectif d'évaluer les besoins quantitatifs de perches préalablement sevrées à l'aliment artificiel et maintenues en circuit fermé. Elle vise à comparer 3 taux de rationnement (2, 4 et 6 % de sa masse corporelle) sur les caractéristiques quantitatives (survie et croissance) et qualitatives (composition corporelle et indices morpho-anatomiques). L'impact du taux de rationnement sur la qualité de l'eau d'élevage est également étudié.

5.2 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

a - Matériel biologique

Les perches utilisées pour cette expérimentation sont pêchées dans l'étang de Lindre. Elles sont ensuite sevrées à l'aliment composé à l'aide soit d'un aliment sec directement, soit préalablement hydraté (chapitre IV). Un tri sommaire (par taille) est effectué avant l'expérience. 180 perches sont choisies et réparties au hasard en 6 lots de 30 (soit une densité de 1 individu / 15 l). Le poids moyen est de 22,13 g pour une longueur moyenne de 12,3 cm. Chaque lot de perches est installé dans un bassin subcarré fonctionnant en circuit fermé (figure 3), et maintenu sous une lumière artificielle (tubes fluorescents de 36 watts de type blanc industriel) et sous une photopériode (16h L/8h O) préconisée par Huh, (1975).

b - Alimentation

Les perches sont nourries avec un aliment pour Salmonidés : miettes n°1 (1,5 mm de diamètre), de la gamme Trouvit (tableau 2).
Chaque niveau de rationnement (2, 4, et 6 %) a été testé sur deux réplicats. Dans tous les cas, la ration est distribuée manuellement en 4 repas quotidiens (9, 12, 15 et 18 h). L'expérience a duré 8 semaines, du 14 avril au 11 juin 1993. L'entretien des bassins se résume en l'élimination hebdomadaire, par purge et siphonnage, de l'excès d'aliment non consommé piégé dans le bac de décantation du filtre. L'eau perdue est remplacée à raison de 20 à 30 % du volume total.

c - Échantillonnages et méthodes d'analyse

- Croissance

Toutes les deux semaines, 100 % de l'effectif sont anesthésiés à l'éthylèneglycolmonophényl-éther (0,3 ml/l d'eau), puis pesés et mesurés individuellement, avant d'être remis dans leurs bacs respectifs. A chaque pesée, les poissons restent à jeun pendant une journée. La ration alimentaire est ensuite ajustée en fonction du nouveau poids moyen. Afin de ne pas biaiser le calcul des indices de conversion au cours de l'expérience, les poissons morts sont pesés et déduits de la biomasse totale.

- Composition corporelle et indices morpho-anatomiques

En début et en fin d'expérience, cinq individus sont retirés de chaque groupe et congelés pour l'analyse de la composition corporelle. Ces analyses sont réalisées sur les broyats individuels. Plus de 50% des survivants sont sacrifiés et autopsiés après pesée et mesure, d'une part pour le sexage, et d'autre part pour le calcul des indices gonadosomatique IGS (poids des gonades / poids total), hépatosomatique IHS (poids du foie / poids total) et viscéral IV [poids des viscères (sans les gonades ni le foie) / poids total].
Les teneurs en composants chimiques corporels (matière sèche, cendres, protéines brutes (N x 6,25), lipides totaux et énergie) sont aussi déterminées. Les méthodes d'analyses utilisées sont décrites dans le chapitre I.

d - Analyse statistique

Les données statistiques sont traitées à l'aide du logiciel STATVIEW 512 : analyse de variance (au seuil de signification de 5%) à un facteur pour comparer les moyennes des survies, des poids, des longueurs totales et des indices de conversion. Les constituants (eau, lipides, phospholipides, triglycérides, protéines, cendres et énergie) sont traités par le même test. Par contre, les poids finaux des différents sexes sont comparés par une analyse de variance à deux facteurs (rationnement et sexe). Les analyses des coefficients de variation (CV), du taux de croissance spécifique (TCS) et des indices gonado-hépatosomatiques et viscéral sont effectuées par l'intermédiaire du test de KRUSKAL-WALLIS. Afin de réduire la variance résiduelle, les taux de survie sont analysés après transformation angulaire en arc sinus $\sqrt{p}$.

5.3 - RÉSULTATS

a - Physico-chimie

La température est maintenue entre 20,9 et 24,0 °C (moyenne 22,1 °C) à l'aide de résistances chauffantes thermostatées. Le pH fluctue entre 6,5 et 7,44 et reste proche de la neutralité au cours de l'essai, grâce à des adjonctions de carbonate disodique chaque fois qu'il descend au-dessous de 7.
Globalement, nous observons un appauvrissement du milieu en oxygène dissous avec des teneurs minimales (inférieures à 3 mg O_2/ l) à la 7ème semaine, dans les bassins r3 et r6 (figure 13). Parallèlement, le milieu ambiant s'enrichit en substances azotées toxiques (ammoniac, nitrites); le niveau de pollution est proportionnel aux taux de nourrissage.

Des teneurs en azote ammoniacal et en nitrites respectivement de 3,8 mg $N\text{-}NH_4^+$/ l et 0,95 mg $N\text{-}NO_2^-$/ l sont obtenues dans le bassin r5 (6%). Des fluctuations périodiques des paramètres physico-chimiques sont observées. Elles sont imputables aux renouvellements d'eau effectués lors du nettoyage des bassins.

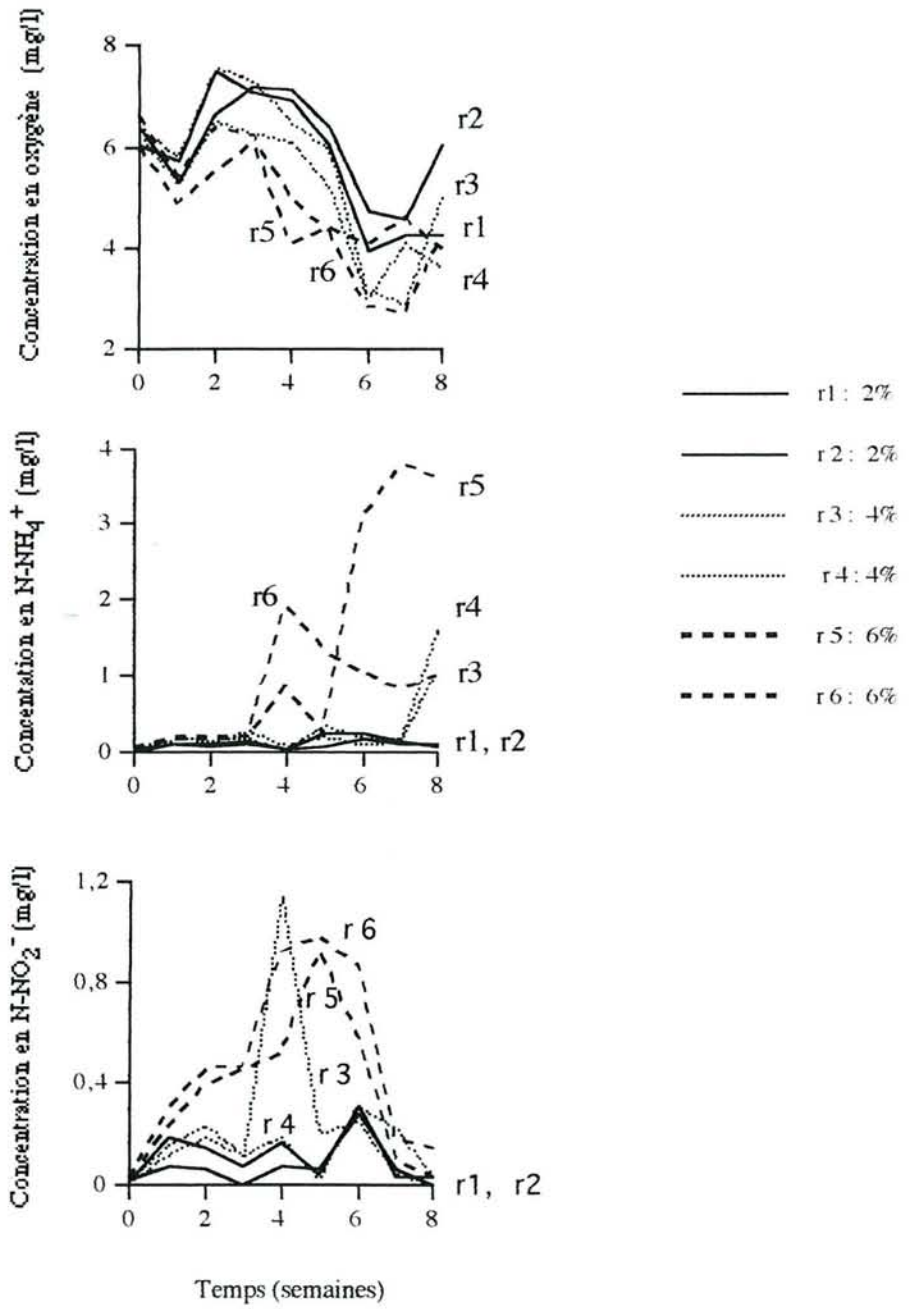


Figure 13. Evolution des paramètres chimiques de l'eau d'élevage des perches *Perca fluviatilis* nourries à trois rations alimentaires différentes pendant huit semaines d'expérience.

b - Survie et croissance

Les taux de survie des perches sont très élevés hormis dans un réplicat nourri à 6%. Quelque soit le taux de nourrissage appliqué, aucune différence significative n'est décelée (P>0,05). Des taux de survie de 98 % (100 ; 97), de 93 % (97, 90) et de 60 % (23 ; 97) correspondent respectivement aux niveaux de rationnement de 2, 4 et 6 %. Les mortalités enregistrées durant les expérimentations se situent principalement pendant les deux dernières semaines d'élevage. Dans le bac r5, 74 % des mortalités sont brutalement apparues à la fin de la 6ème semaine. A cette période, l'eau d'élevage présente une faible teneur en oxygène (inférieure à 3mg/l) associée à des teneurs élevées en $N\text{-}NH_4^+$ (3,08 mg/l) et $N\text{-}NO_2^-$ (0,6 mg/l).

L'évolution pondérale suit un modèle linéaire de croissance qui s'accompagne très souvent d'une bonne homogénéité des lots (figure 14).

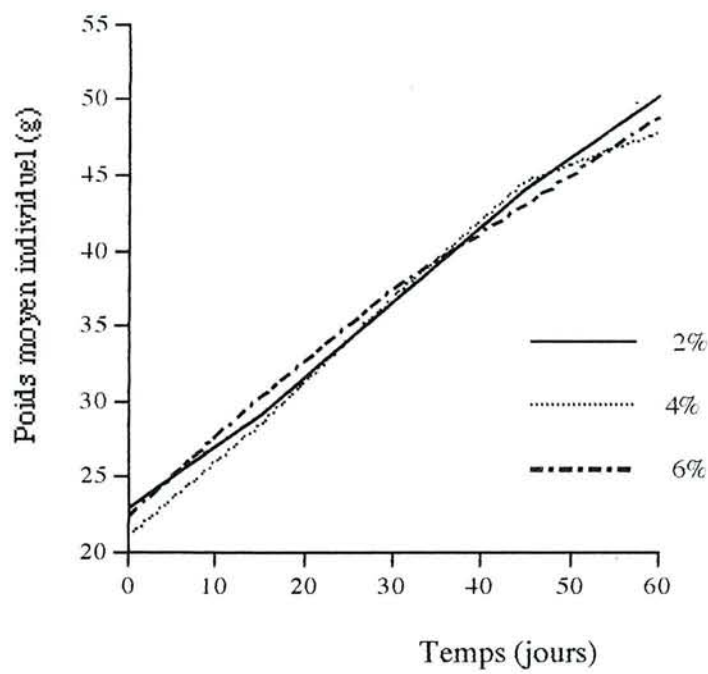


Figure 14. Évolution de la croissance pondérale moyenne de la perche commune élevée pendant 8 semaines en circuit fermé et nourrie à différents niveaux de rationnement.

Au terme de l'expérience, les gains moyens en poids et en longueur sont quasiment identiques dans tous les groupes, compris respectivement entre 26 et 27 g et 15,5 et 15,6 cm.

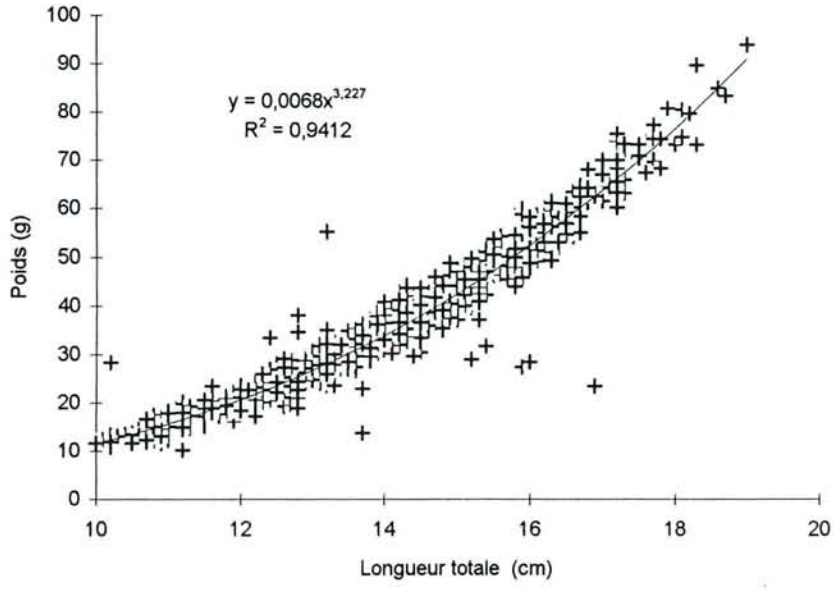


Figure 15. Relation poids - longueur totale des perches élévées pendant huit semaines en circuit fermé. Les mesures sont obtenues après contrôle de croissance bi-hebdomadaire de l'ensemble des lots nourris à trois niveaux de rationnement différents.

La relation entre le poids et la taille est de type classique $P = aL^b$ où P et L sont le poids et la longueur, a est constante et b exposant ou coefficient d'allométrie. L'équation de la courbe est donnée par la figure 15 : $y = 0,0068 \times ^{3,23}$; $R = 0,97$; $n = 837$ mesures.
Selon les traitements, le coefficient d'allométrie varie entre 2,9 et 3,4 et traduit une croissance allométrique majorante en faveur du poids. Les coefficients de condition finaux oscillent entre 1,27 (2%), 1,21 (4%) et 1,23 (6%).

Les perches conservent le plus souvent la variabilité initiale de leurs poids.
Les coefficients de variation des poids finaux sont compris entre 31 et 35% (figure 16). Toutefois, le taux de rationnement semble influencer l'hétérogénéité pondérale des lots (figure 16), bien qu'un rationnement fixé à 4% maintienne l'écart à son niveau initial (CV= 33,6%). Un taux de nourrissage de 2% induit un accroissement de coefficient de variation de 32,1 à 34,6%; les observations finales effectuées sur les perches nourries à 6 % sont par contre biaisées par l'apparition de fortes mortalités. En effet, leurs coefficients de variation oscillent entre 25 et 27% pendant les 6 premières semaines, pour atteindre 31% au terme de l'expérience.

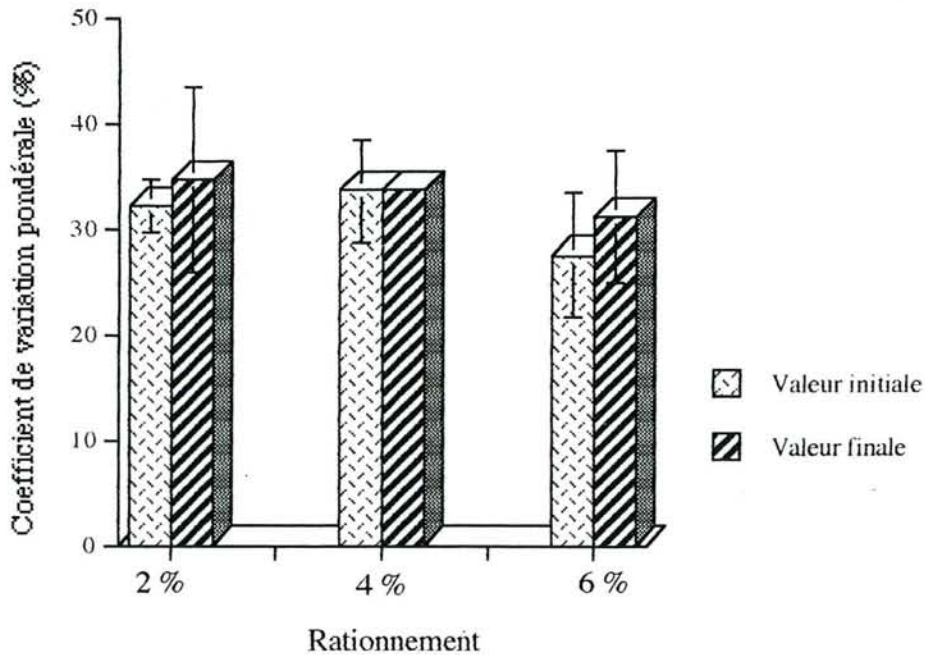


Figure 16. Coefficients de variation pondérale des perches avant et après expérience selon le niveau de rationnement. Chaque bare représente l'écart entre réplicats.

L'analyse de variance à deux facteurs (rationnement, sexe) de la croissance pondérale finale, révèle un effet global lié au sexe (F= 4,19; p=0,04), mais sans incidence du rationnement (F = 0,24; p=0,78). Néanmoins, une interaction entre le taux de nourrissage et le sexe est enregistrée avec les groupes homogènes suivants : F 2 F4 F6 M4 M6 M2 .
La comparaison des moyennes confirme, pour la ration à 2 %, que les femelles sont significativement plus grosses que les mâles (F de Scheffé = 4,84; p= 0,036), alors qu'aucun effet significatif ne se dégage pour un rationnement plus élevé (figure 17).

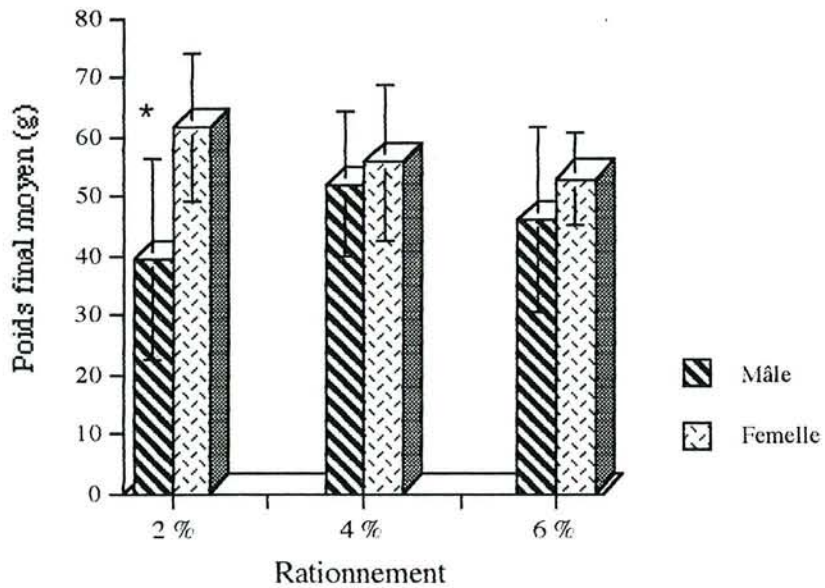


Figure 17. Poids moyens finaux des perches élevées en circuit fermé selon le sexe. Chaque barre représente l'intervalle de confiance (95%) de la moyenne des deux réplicats.

Le taux de croissance spécifique (TCS) maximal (1,4%/j) est obtenu pendant les deux premières semaine d'élevage. Il correspond à la ration quotidienne la plus élevée.
Néanmoins, vers la fin des expérimentations, ces taux de croissance diminuent chez les perches rationnées à 4 et 6%, alors qu'ils se maintiennent sensiblement à la même cadence chez les perches nourries à 2%. Les résultats globaux enregistrés oscillent entre 1,3 et 1,4% /j.

Une différence très marquée entre les indices de consommation des perches nourries à divers niveaux de rationnement est également observée ($F = 8,9$; ddl =2; $p=0,007$) (figure 18). Des taux de rationnement de 2, 4, et 6% induisent respectivement des IC de 1,4 ; 3,0 et 4,9 après 8 semaines d'élevage.

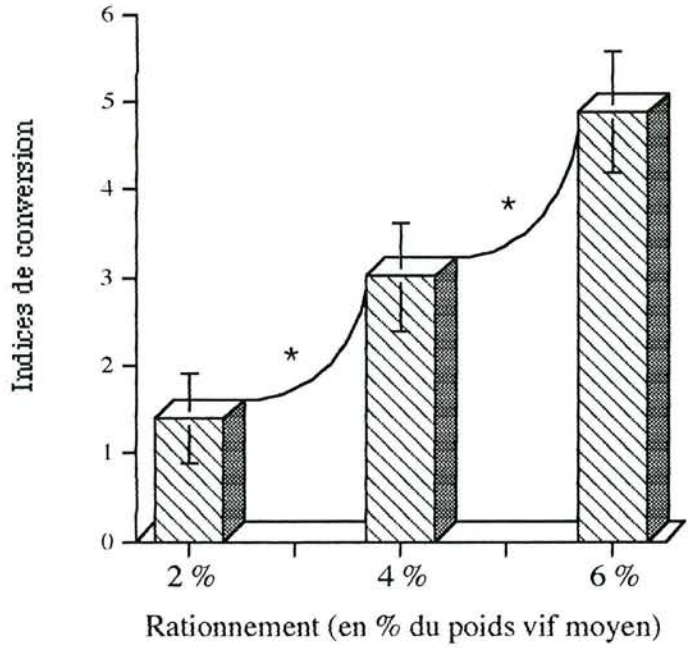


Figure 18. Indices de conversion globaux de *Perca fluviatilis* en fonction du taux de nourrissage. Chaque barre représente l'écart entre réplicats. * : indique la signification entre les rations au seuil de 5%.

c - Indices morpho-anatomiques (IGS, IHS et IV)

Les taux de rationnement utilisés n'ont aucun effet significatif sur les indices gonadosomatique (IGS), hépatosomatique (IHS) et viscéral (IV). Leurs valeurs moyennes sont présentées dans le tableau 11.

La masse viscérale est constituée essentiellement de tissu adipeux de la cavité abdominale. Ces indices restent relativement constants au cours de l'étude.

Tableau 11. Indices gonadosomatique, hépatosomatique et viscéral initiaux et finaux (moyenne ± intervalle de confiance à 95%) des perches nourries à trois niveaux de rationnement différents. Les moyennes d'un même sexe sur une même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Indices (%)	**Données initiales**		**Données finales**					
			2 %		4 %		6 %	
	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle	Mâle	Femelle
IGS	0,3 ± 0,1	0,5 ± 0,2	0,5 ± 0,2	0,5 ± 0,1	0,4 ± 0,1	0,6 ± 0,1	0,3 ± 0,1	0,7 ± 0,2
IHS	2,2 ± 2,6	2,1 ± 1,1	2,3 ± 0,3	2,4 ± 0,2	2,0 ± 0,3	2,0 ± 0,3	1,7 ± 0,6	1,9 ± 0,2
IV	8,6 ± 1,3	8,9 ± 2,6	7,0 ± 0,9	8,1 ± 0,7	7,4 ± 0,6	7,8 ± 0,7	7,9 ± 2,7	7,6 ± 0,8

d - Composition corporelle

Sur la période considérée, les taux de nourrissage utilisés ne présentent pas d'incidence directe sur la composition corporelle des perches ($p > 0,05$).

En fin d'expérience, les teneurs en eau (68 à 70 %), en sels minéraux (entre 13 et 14 % MS), en protéines brutes (55 et 57 % MS) et en lipides (25 à 27% MS) des poissons entiers varient très peu. L'énergie corporelle est quant à elle comprise entre 22 et 23 kJ / g sur l'ensemble des lots (tableau 12).

En ce qui concerne les modifications biochimiques, les taux de lipides croissent dans tous les lots. Cette hausse vise particulièrement la fraction des triglycérides qui est inversement proportionnelle à celle des phospholipides.

Tableau 12. Composition corporelle (moyenne ± intervalle de confiance à 95%) de perches élevées en circuit fermé et nourries à différentes rations alimentaires. Les moyennes sur une même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Constituants	Données initiales	Données finales		
		2 %	4 %	6 %
Eau (%)	69,2 ± 2,5	67,8 ± 0,7	68,5 ± 1,5	68,1 ± 1,1
Protéines brutes (% M.S)	57,0 ± 6,6	54,9 ± 2,1	55,9 ± 3,6	55,6 ± 1,6
Cendres (% M.S)	14,3 ± 2,1	12,9 ± 0,4	13,0 ± 1,6	13,6 ± 1,1
Lipides Totaux (% M.S)	24,8 ± 3,2	27,4 ± 2,6	25,1 ± 5,1	25,1 ± 2,0
Triglycérides (% M.S)	17,0 ± 4,5	21,0 ± 3,3	17,8 ± 7,8	18,2 ± 2,9
Phospholipides (% M.S)	07,8 ± 1,6	06,5 ± 0,8	07,3 ± 2,2	06,8 ± 1,1
Énergie (k J/g)	22,0 ± 1,7	23,0 ± 0,5	23,1 ± 1,1	22,6 ± 0,6

5.4 - DISCUSSION

L'effet du taux de nourrissage sur l'indice de conversion (IC) des perches élevées en circuit fermé est nettement mis en évidence. Conformément aux observations de Huh, (1975), au cours d'une étude semblable sur la perchaude *Perca flavescens*, un meilleur IC est observé chez la perche fluviatile nourrie à 2%. Les indices de conversion moyens enregistrés dans nos expériences (1,3 ; 3,0 et 4,9) sont inférieurs à ceux trouvés par Huh, (1975) qui sont respectivement de 1,6 ; 3,1 et 5,6 pour les mêmes rationnements. Également chez *P. flavescens*, Schneider (1973a; b) indique que la ration maximale est de 6,2 à 7,6% du poids sec selon qu'elle se nourrit d'insectes ou de poissons, avec des IC de 8,33 et de 3,85.

Thorpe (1974; 1977) évalue l'IC de *P. fluviatilis* dans le lac Loch Leven à 2,89. Il souligne toutefois que la ration journalière décroît de 6,5 et 6,7% en juin et juillet à 3,2% en septembre. La comparaison avec nos résultats est délicate, notamment du fait de la nature des aliments. Jobling (1986) signale que le coefficient de digestibilité de *Pleuronectes platessa* et *Scophtalmus maximus* nourries aux granulés est de 5 à 10% plus faible que lorsqu'elles consomment des organismes naturels. Il précise qu'une taille très réduite avec une forte teneur énergetique des aliments artificiels (21,2 kJ/g dans notre cas contre 4 à 8,5 kJ/g pour une alimentation naturelle) induisent une rapide évacuation gastrique qui surcharge l'intestin, et inhibe dès lors le processus de digestion.

Burrows (1972) suggère de nourrir les poissons largement au-dessous du niveau de rationnement maximal, afin d'améliorer l'efficacité alimentaire. Dans nos conditions expérimentales, les rations à 4 et 6 % ne sont pas intégralement consommées, ce qui se traduit par une hausse des indices de conversion.

L'apparition des pics d'ammoniaque et de nitrite est précocement observée chez les lots nourris à 6 %, et à un degré moindre à 4 %. Les perches fluviatiles semblent être moins exigeantes vis-à-vis de la qualité de l'eau et résistent aisément aux seuils létaux établis par Dreyer (1987) à 1 mg/l d'ammoniaque et 0,5 mg/l de nitrite.

Les mortalités de perches sont enregistrées en sixième semaine notamment dans un des lots recevant un rationnement à 6%. Compte tenu de l'évolution des paramètres physico-chimiques dans l'autre réplicat (r6), il est fort probable que la chute de la teneur en oxygène et l'élevation de celle de $N\text{-}NH_4^+$ soient les principales causes de la mortalité dans le bac r5. De fortes teneurs en oxygène inhibent en effet partiellement la toxicité de l'ammoniaque (Thurston *et al.* 1981; Krom *et al.*, 1985). Toutefois, aucune influence nette n'est décelée sur les valeurs biométriques de l'ensemble des perches. Des observations similaires sont rapportées par Perrone et Meade (1977) sur le saumon *Oncorhynchus kisutch*, et sont attribuées aux faibles temps d'exposition des saumons aux produits toxiques. Le renouvellement d'eau et le nettoyage des mousses de filtration des bassins limiteraient dans le cas présent le temps d'exposition des perches à de fortes teneurs en ammoniaque et en nitrites.

L'évolution de la croissance somatique des perches des différents lots est quasiment identique. Nos investigations montrent que les potentialités zootechniques (survie, croissance, IC) ne sont pas significativement améliorées par des rationnements à 4 et 6 %. Deelder (1951), puis très récemment Jamet et Desmolles (1994) ont réuni les données de croissance de perches issues de divers lacs européens. L'accroissement des poissons de nos élevages est nettement plus intéressant. En effet, à partir de perches d'une même taille (LT=12 cm), les gains de croissance enregistrés en 8 semaines ne sont atteints qu'en 1, voire 2 ans en milieu naturel.

Le dimorphisme sexuel de croissance apparu chez les perches nourries à 2% démontre cependant que ce taux de rationnement favorise la croissance des femelles au détriment de celle des mâles. La différenciation sexuelle des gonades chez les perches est ontogénétique et les caractères morpho-anatomiques des testicules et ovaires s'achèvent respectivement à partir de 10 et 30,5 mm de longueur, ce qui correspond à 12 et 30 jours après éclosion (Mezhnin, 1978; Zelenkov, 1981).

La maturité sexuelle qui intervient plus précocement chez les mâles est fréquemment responsable de ce dimorphisme (Craig, 1987; Tanasichuk et Mackay, 1989). Dès lors, les

femelles grossissent plus rapidement. Au début de l'expérience, la sexualisation de nos perches est donc acquise. Une distribution alimentaire rationnée à 2% semble induire une compétition intraspécifique qui profite aux femelles. L'accès à la nourriture s'opérerait selon une hiérarchie où les individus dominants seraient majoritairement des femelles. Un tel effet sur la variabilité interspécifique a également été mis en évidence chez la truite arc-en-ciel *Oncorhynchus mykiss* (Mc Cartly *et al.*, 1992).

En fonction du taux de croissance spécifique du saumon, Brett *et al.* (1969) désignent directement à partir d'un graphique trois catégories de rations : la ration de maintenance nécessaire à l'entretien des fonctions physiologiques, la ration optimale assurant le plus faible indice de conversion et la ration maximale produisant un gain de poids maximal.
En appliquant ce modèle, la ration optimale se situerait ici à 2%, et la similitude des valeurs maximales de croissance enregistrées chez les lots nourris à 4 et 6% prouve que ces rations sont excédentaires. La ration d'entretien quant à elle ne peut être déterminée, à cause du nombre trop faible de rations appliquées. Au cours des premières semaines d'élevage, les taux de croissance spécifique moyens augmentent en fonction du taux de nourrissage, jusqu'à atteindre une valeur asymptotique correspondant à la limite supérieure de croissance.

- Composition corporelle et indices morpho-anatomiques

Le taux de rationnement pourrait aussi affecter le développement gonadique et hépatique, ainsi que la composition chimique des poissons *via* la réduction des sécrétions d'hormones de croissance, d'insuline et de glucagon (Rosemblum *et al* ., 1994).
Dans notre étude, ces paramètres qualitatifs (IGS, IHS, IV, composition corporelle) ne semblent pas influencés par le taux de rationnement. En milieu naturel, la variation de la composition corporelle des perches est associée au développement gonadique (Craig, 1977; 1987; Tanasichuk et Mackay, 1989). Dans le cas présent, l'IGS ne dépasse guère 0,5 et 0,7% respectivement chez les mâles et les femelles. Ces valeurs sont considérées comme minimales par Malservisi et Magnin, (1968) et correspondent à l'état quiescent du cycle de reproduction. La relative stabilité des indices IGS, IHS et IV peut être attribuée à l'inhibition de la gamétogenèse par une température élevée et une photopériode constante dans nos bassins (Tamazouzt *et al.*, 1994).

Les teneurs lipidiques des perches issues du circuit fermé (25 - 27 % MS) sont plus élevées que celles (7 à 13 % MS) des perchaudes du milieu naturel (Tanasichuk et Mackay,

1989). Dans les conditions de laboratoire, Jezierska (1974) obtient chez *P. fluviatilis* des taux lipidiques compris entre 17 et 20,5 % MS selon qu'elle se nourrit de vers ou de poissons. En revanche dans notre cas, les teneurs en cendres (13 à 14 % MS) sont plus faibles que celles (19,5 à 16,8 % MS) enregistrées par Jezierska (1974) et semblent liées à la composition de l'aliment distribué. Quelles que soient l'alimentation et les conditions d'élevages relatées par ces auteurs, les protéines sont par contre plus stables (55 à 60 % MS) et correspondent à nos résultats.

Selon Craig (1977), la maturation sexuelle affecte principalement les lipides corporels qui sont étroitement liés aux valeurs caloriques. Haard (1992) ajoute qu'au cours de cette phase, l'énergie des triglycérides est utilisée. Dans notre cas, la prédominance des triglycérides sur les phospholipides serait ainsi vérifiée.

Cette expérience sur le grossissement de la perche en circuit fermé est très prometteuse et confirme les potentialités zootechniques de cette espèce. Sa relative résistance à la détérioration de la qualité de l'eau (O_2, $N\text{-}NH_4^+$ et $N\text{-}NO_2^-$) lui confère un atout supplémentaire. Un rationnement à 2 % semble adéquat pour une bonne croissance à 18-20°C, mais insuffisant pour éviter le développement d'une variabilité de croissance principalement liée au sexe. D'autres investigations avec des niveaux de rationnement compris entre 2 et 4% et sur le mode de distribution alimentaire sont nécessaires pour préciser un nourrissage optimal.

CHAPITRE VI

Effet du rationnement alimentaire sur les performances zootechniques et la composition corporelle de la perche élevée en cages flottantes : comparaison avec les données obtenues en circuit fermé

6.1 - INTRODUCTION

Les cages flottantes offrent la possibilité d'une production piscicole intensive à moindre coût (Duarte *et al.*, 1994). Ce système présente en outre l'avantage de maintenir les poissons en captivité dans leur milieu propre. L'intérêt des cages flottantes comme structure d'élevage piscicole est largement souligné par Webster *et al.* (1992) et Awaluddin *et al.* (1994). Son application reste néanmoins peu répandue en France, notamment pour les espèces dulcicoles. Les principales raisons de cette désaffection résident probablement dans le choix de meilleurs sites, ainsi que dans la crainte des pertes dues aux intempéries et au vandalisme (Barbato *et al.*, 1993). Ce type d'élevage impose des contraintes sur l'environnement, comme l'altération de l'eau par l'apport des substances nutritives dans le milieu. Les impacts éventuels d'un tel élevage sur l'environnement sont amplement débattus par Billard et Sevrin-Reyssac (1993).

Le progrès dans la mise au point de nouvelles structures d'élevage aquacole vise particulièrement les aspects techniques et économiques (Fontaine, 1994), tandis que les caractéristiques biologiques des espèces sont peu abordées. Ainsi, Porrello *et al.* (1993) évoquent chez *Seriola dumerili*, une meilleure adaptation en cages flottantes qu'en bassins d'élevage. Des essais comparatifs concernant ces deux systèmes sont également menés sur deux Characidés, *Colossoma macropomum* et *Piaractus brachypomus* (Mélard *et al.*, 1993). Il en résulte une meilleure vitesse de croissance pour la première espèce que pour la seconde dans les bacs d'élevage, alors qu'en cages flottantes, des résultats inverses sont observés.

L'étude préliminaire menée sur la perche *P. fluviatilis* nourrie à 2% de son propre poids démontre sa remarquable acceptation du confinement, qu'il s'agisse de bassins en circuit fermé ou de cages flottantes (Tamazouzt *et al.*, 1993a). Néanmoins, les taux de croissance spécifiques sont largement plus élevés en bassins (0,7 % J^{-1}) qu'en cage (0,4 % J^{-1}). Aussi, peut-on imputer le faible taux de croissance des perches à un faible taux de nourrissage en cage.

Nous testons dans ce chapitre l'influence de deux taux de nourrissage sur les caractéristiques quantitatives (survie et croissance) et qualitatives (IGS, IHS et composition corporelle) des perches préalablement adaptées à l'alimentation composée. Cet essai vise en outre à comparer les performances d'élevage de perches en période estivale avec celles des perches élevées précédemment en eau recyclée.

6.2 - SITE D'ÉLEVAGE

Cette étude est réalisée dans l'étang de Lindre (Centre Piscicole du Département de la Moselle), de juillet à septembre 1993. Les principales caractéristiques morphométriques de l'étang sont résumées ci-dessous :

Altitude :	210 m
Surface :	620 ha
Volume :	12×10^6 m^3
Longueur maximale :	5450 m
Largeur maximale :	1050 m
Profondeur maximale :	6 m
Profondeur moyenne :	3 m

Six cages d'élevage d'un volume utile de 12 m^3 (8 mm de maille) et quatre cages (3 mm de maille) de 1 m^3 environ (0,9 m x 0,9 m x 2 m) immergées à 1,2 m de profondeur sont utilisées dans cette expérimentation. Les petites cages viennent chacune s'insérer dans quatre autres de 12 m^3 (figure 4). Cette technique permet de placer, autour de chaque cage de 12 m^3, des carpes *Cyprinus carpio* destinées à lutter contre le développement d'algues et éviter ainsi d'éventuels colmatages des cages.

6.3 - MATÉRIEL ET MÉTHODES

Après une étude préliminaire durant laquelle les perches sont nourries à 2% de leur poids vif, l'expérience est reconduite durant 8 semaines d'élevage, en utilisant cette fois deux rationnements différents (3 et 4%). Elle vise à mettre en évidence les potentialités zootechniques des perches élevées en cages et à déterminer la ration correspondante.

1520 spécimens d'un poids moyen individuel de 24,8 g, initiés à l'alimentation artificielle, sont répartis d'une manière aléatoire en 6 lots : deux lots de 380 individus sont placés dans deux cages de 12 m^3 et quatre lots de 190 individus chacun sont maintenus dans des cages de 1 m^3.
L'expérience ne débute qu'après deux semaines d'acclimatation, au cours desquelles les poissons jeûnent et les sujets morts ou malades sont retirés.

Les poissons sont nourris à l'aliment Trouvit (tableau 2) fourni en continu pendant 12 heures à l'aide de nourrisseurs mécaniques. Pour chaque lot, le distributeur est fixé au centre de la cage sur deux planches horizontales.
Trois cages (deux de 1 et une de 12 m^3) sont utilisées pour chaque test.

La température de l'eau est enregistrée en continu à l'aide d'un thermographe mécanique pendant toute la durée d'élevage. En revanche, l'oxygène dissous, le pH, l'azote ammoniacal et l'azote nitreux ne sont relevés qu'une fois par semaine. Les valeurs moyennes et extrêmes de ces paramètres sont présentées dans le tableau 13.

Tableau 13 : Valeurs moyennes et extrêmes des paramètres physico-chimiques de l'eau d'étang à proximité des cages durant l'expérimentation.

Paramètres	T (°C)	pH	O_2 (mg/l)	$N\text{-}NH^+_4$ (mg/l)	$N\text{-}NO^-_2$ (mg/l)
Moyenne	22,5	7,8	10,1	0,02	0,01
Maximum	27,0	8,7	11,0	0,08	0,04
Minimum	16,0	7,2	8,6	0,00	0,00

Faute de moyens analytiques, l'activité photosynthétique et l'état d'eutrophisation du milieu n'ont pu être déterminés par nos soins. Nous signalons néanmoins, à titre indicatif, les variations des teneurs en chlorophylle de l'étang de Lindre durant l'été 1992 (figure 19).

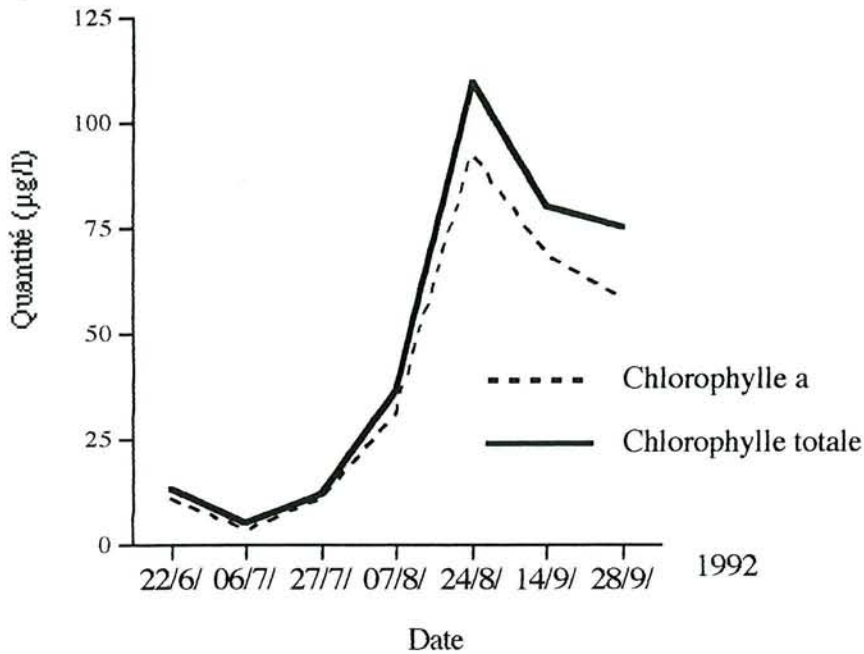


Figure 19. Variations de la quantité moyenne de chlorophylle dans l'étang de Lindre, à 1m de profondeur dans des cages flottantes en été 1992 (d'après Dubost, 1992).

a - Echantillonnages

Tous les 10 jours, 30% de l'effectif initial de chaque lot sont anesthésiés, mesurés et pesés individuellement pour permettre le suivi des croissances. A l'issue de chaque contrôle, la ration alimentaire est réajustée sur la biomasse ainsi déterminée, les poissons restant à jeun pour la journée. Parallèlement, un ou deux spécimens de chaque unité d'élevage sont prélevés au hasard et conservés dans du formol à 5%, en vue de contrôler leur alimentation par l'analyse des contenus stomacaux et de suivre l'évolution de leur indices gonadosomatique et hépatosomatique. En début et en fin d'expérience, cinq individus de chaque test sont retirés et congelés pour l'analyse de la composition corporelle.

b - Analyse des contenus stomacaux

L'analyse des contenus stomacaux est réalisée à l'INRA de Thonon-les-Bains. Après autopsie, le taux de remplissage de l'estomac est estimé visuellement et le contenu en poids frais est pesé avec une précision de 0,1 mg. Les contenus stomacaux sont déterminés sous une loupe binoculaire Olympus SZ H 10 (x 7 à 70). Les organismes sont identifiés selon la méthode de Pourriot et Francez (1986). Le pourcentage de chaque type d'aliment est estimé par rapport à

l'ensemble de l'échantillon extrait de l'estomac. Les taux d'aliments non identifiés correspondent essentiellement à une "bouillie" bien mélangée et déjà digérée.

c - Analyse statistique

Une analyse de variance à un seul facteur (rationnement) est appliquée pour comparer les moyennes de survie, de poids, de longueur totale et d'indice de conversion des perches provenant des cages. En outre, la comparaison entre les résultats finaux moyens issus du circuit fermé (selon le rationnement) et des cages flottantes sur la croissance et la survie, ainsi que la comparaison des constituants chimiques (eau, lipides, phospholipides, triglycérides, protéines, cendres et énergie) sont traités par l'analyse de variance facteur par facteur. Les analyses des coefficients de variation, du taux de croissance spécifique et du gain de poids et de longueur en pourcentage des données initiales sont effectuées à l'aide du test de Kruskal-Wallis. Les taux de survie sont analysés après transformation angulaire en arc-sinus $\sqrt{p}$.

6.4 - RÉSULTATS

a - Survie et croissance

Les fortes mortalités enregistrées avant le premier jour de nourrissage ne sont pas prises en compte car indépendantes du traitement. Elles sont imputables essentiellement au stress provoqué par le transfert. L'effectif initial dans chaque cage est dès lors réduit, et le taux de survie final des perches nourries à différentes rations est présenté dans le tableau 14. Les prélèvements effectués (12 poissons / cage) sont déduits dans le calcul de la survie finale.

Tableau 14. Taux de survie de *Perca fluviatilis* nourrie à l'aliment composé selon deux niveaux de rationnements pendant 8 semaines dans 6 cages flottantes. La densité est exprimée en nombre de perches / m^2.

Ration	N°cage (m^3)	Effectif initial	Densité initiale (nb / m^2)	Morts dénombrés	Survivants restants	Densité finale (nb / m^2)	Survie / cage (%)
	1 (4)	158	195	57	81	100	55,5
3 %	2 (4)	140	173	15	107	132	83,6
	I (12)	376	60	08	352	56	96,7
	3 (4)	117	144	23	80	99	76,2
4 %	4 (4)	146	183	43	87	107	64,9
	II (12)	305	49	72	203	32	69,3

La relation entre les taux de survie finale des perches et le nombre de poisson par unité de surface des cages est décrite par l'équation linéaire suivante :

$y = - 0,12x + 90,48$; $r=0,53$; $p=0,28$; $df=4$.

L'évolution pondérale des perches au cours de l'expérience est présentée dans la figure 20. Les accroissement longitudinaux des poissons alimentés à 3% et à 4% de leur biomasse sont quasiment identiques (3 cm). Les même tendances sont enregistrées pour les gains pondéraux (23 à 24 g). L'évolution pondérale considérée en fonction de la densité, ne révèle pas non plus de différence de croissance entre les perches maintenues dans des cages à plus faible ou plus forte charge (figure 20). La variabilité intraspécifique de *P. fluviatilis* est parfois influencée par la croissance différentielle entre sexes. En effet, les poids moyens d'une partie de l'échantillonnage de perches femelles sont significativement plus élevés que ceux des perches mâles observés en cage flottante (figure 21) ($p<0,05$).

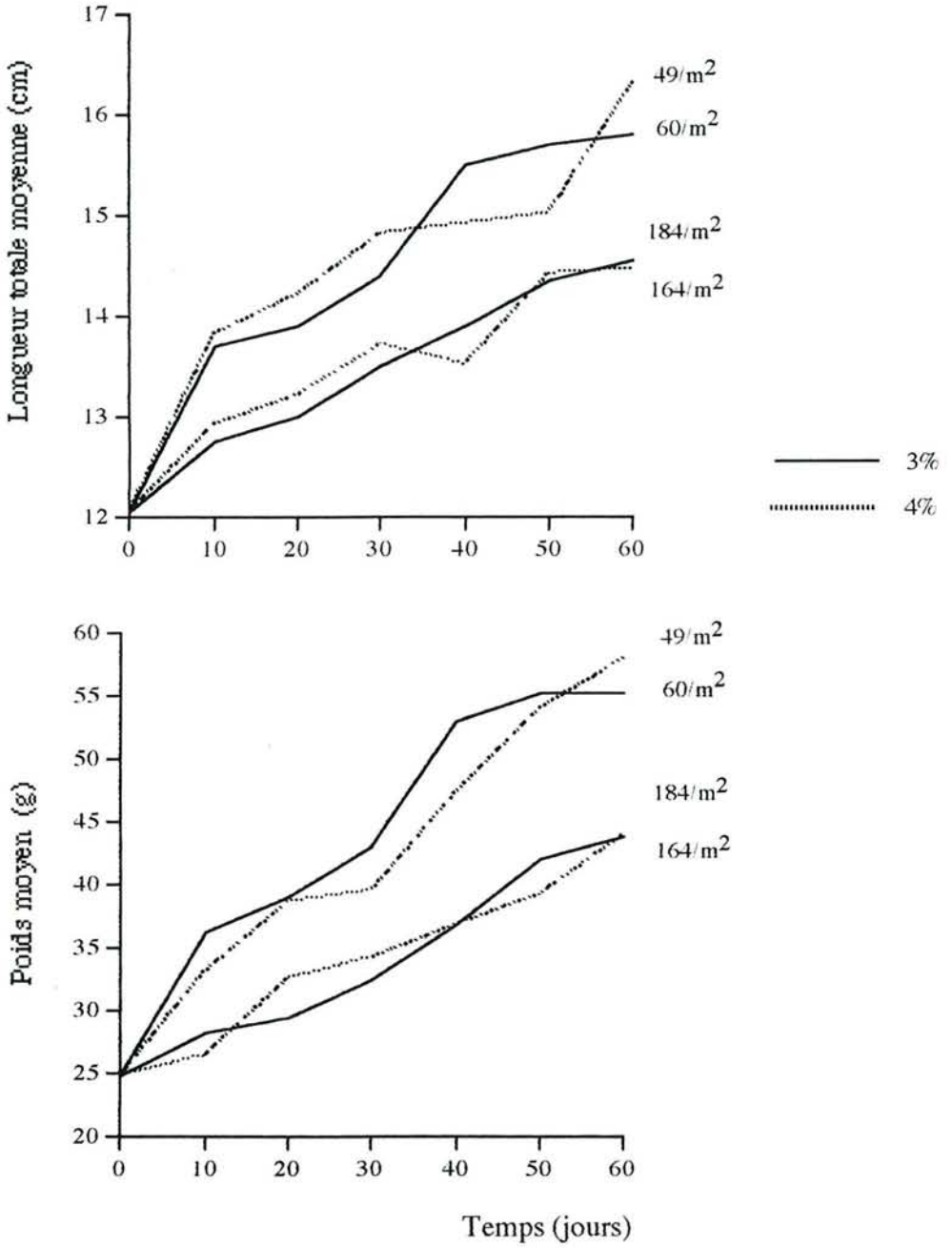


Figure 20. Evolution des croissances longitudinale et pondérale moyennes des perches élevées pendant 8 semaines et nourries à deux niveaux de rationnement dans des cages flottantes de 12 et 1 m^3 de volume, exprimée en fonction de la densité (nb de poissons / m^2).

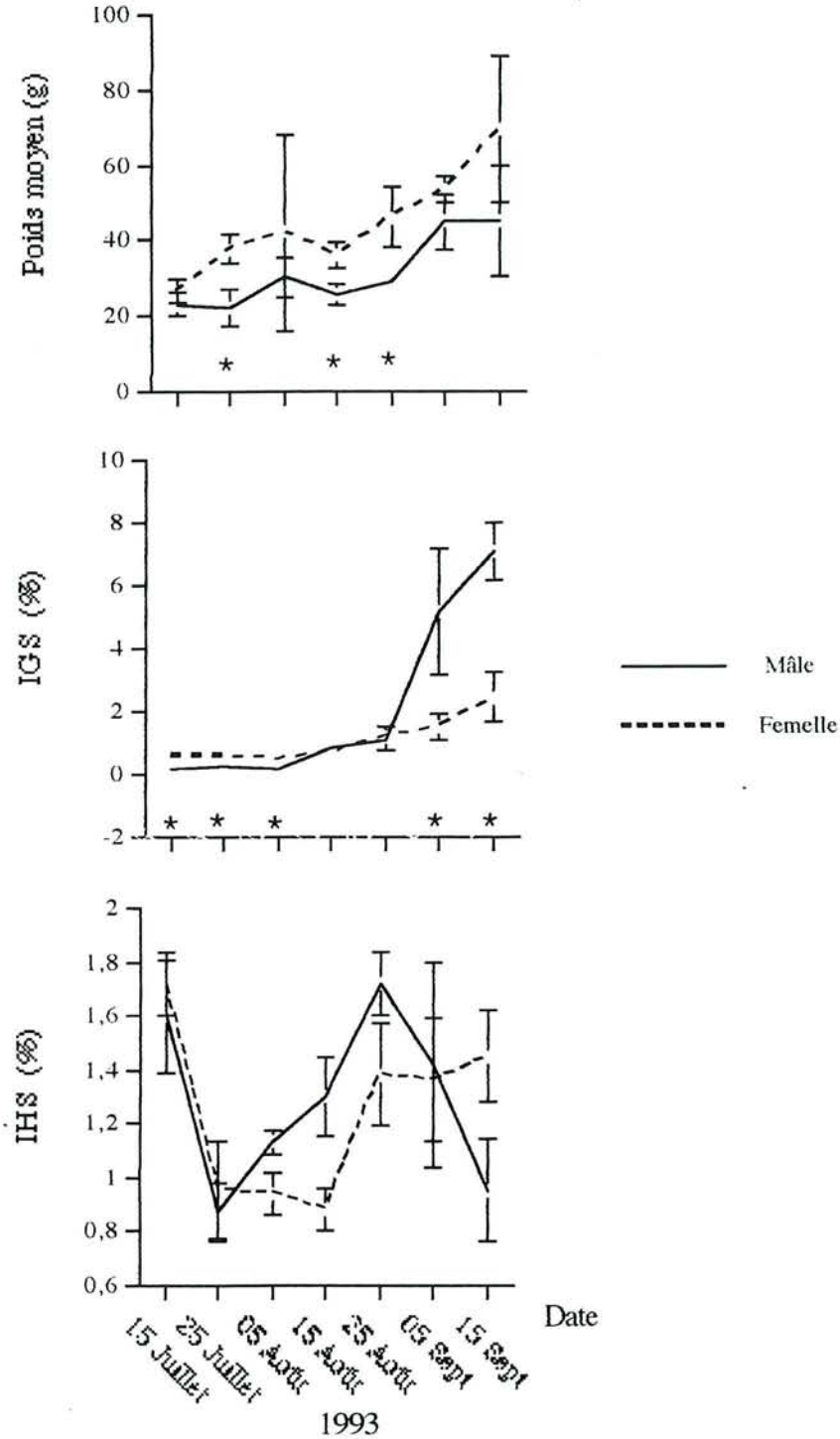


Figure 21. Poids, IGS et IHS (moyenne ± erreur standard) selon le sexe de *Perca fluviatilis* élevée en cages flottantes en période estivale et nourrie à l'alimentation composée durant 8 semaines d'élevage. * indique une différence significative à 95%. Les échantillons ($3 \leq n \leq 9$) issus des différents lots sont groupés par sexe car aucune différence significative n'est enregistrée quant au rationnement.

Les coefficients de variation des poids finaux sont compris entre 54 et 62% respectivement pour les rations 4 et 3%. De telles rations ne présentent pas d'effet propre sur le coefficient de variation. Néanmoins, la variation est moins stable chez les perches des cages flottantes que chez celles issues du circuit fermé (figure 22). De même, les perches recevant une distribution d'aliment à 3 et 4 % ont des taux de croissance journaliers moyens relativement identiques (1,09 et 1,12 %/j).

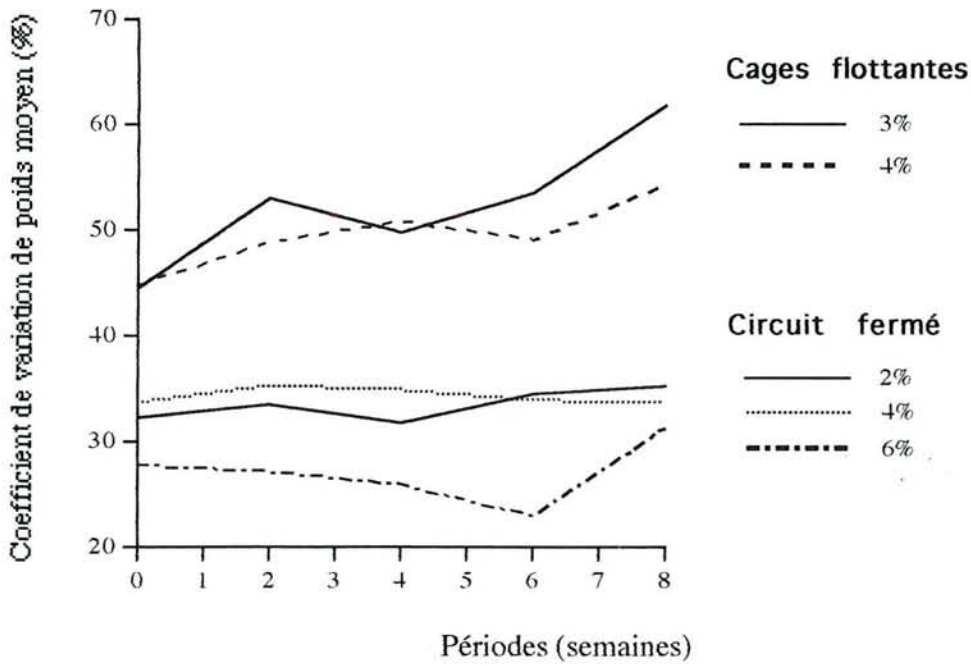


Figure 22. Évolution du coefficient de variation (CV) pondérale des perches maintenues dans deux systèmes d'élevage distincts à des taux de nourrissage différents.

Tableau 15 : Résultats globaux de la croissance (moyenne ± écart entre réplicat) de la perche *Perca fluviatilis* élevée dans deux systèmes différents : circuit fermé et cages flottantes.

Expériences	Circuit fermé			Cages flottantes	
Ration (% biomasse)	2%	4%	6%	3%	4%
Poids initial (g)	22,8± 4,5 a	22,5 ± 4,6 a	22,1 ± 0,8 a	24,8 ± 1,3 a	24,8 ± 1,3 a
Poids final (g)	50,8 ± 2,0 b	49,4 ± 4,8 b	49,4 ± 4,4 b	47,7 ± 13,5 b	48,7 ± 17,0 b
C V (%)	39,2 ± 10,2 c	38,1 ± 13,7 c	35,6 ± 20,7 c	62,0 ± 12,7 c	54,0 ± 18,4 c
Gain (% du poids initial)	124,3 ± 50,0 d	120,8 ± 24,4 d	123,1 ± 22,7 d	91,8 ± 54,3 d	89,0 ± 68,4 d
IC	1,1 ± 0,2 e	2,6 ± 1,1 f	3,3 ± 0,8 f	3,0 ± 1,0 f	4,1 ± 1,4 f
T C R (% /j)	1,4 ± 0,4 g	1,4 ± 0,2 g	1,4 ± 0,2 g	1,1 ± 0,5 g	1,0 ± 0,6 g
LT initiale (cm)	12,4 ± 0,7 h	12,1 ± 0,2 h	12,4 ± 0,1 h	12,0 ± 0,2 h	12,0 ± 0,2 h
LT finale (cm)	15,5 ± 0,3 k	15,6 ± 0,1 k	15,5 ± 0,2 k	15,1 ± 1,4 k	15,1± 2,3 k
Gain (% LT initiale)	24,9 ± 4,8 x	28,9± 2,3 x	25,5 ± 1,5 x	25,0 ± 6,7 x	25,4 ± 19,1 x
Survie (%)	95,0 ± 11,8 y	90,7 ± 11,2 y	66,8 ± 73,3 y	78,6 ± 40,2 y	70,1 ± 11,7 y

Les indices de consommation finaux varient de 2,99 à 4,14 pour les lots nourris respectivement à 3 et 4% de leur propre poids.

L'analyse des contenus stomacaux montre que les perches se nourrissent essentiellement de l'aliment distribué, même si elles bénéficient quelquefois de la nourriture naturelle ayant accès aux cages (figure 23).

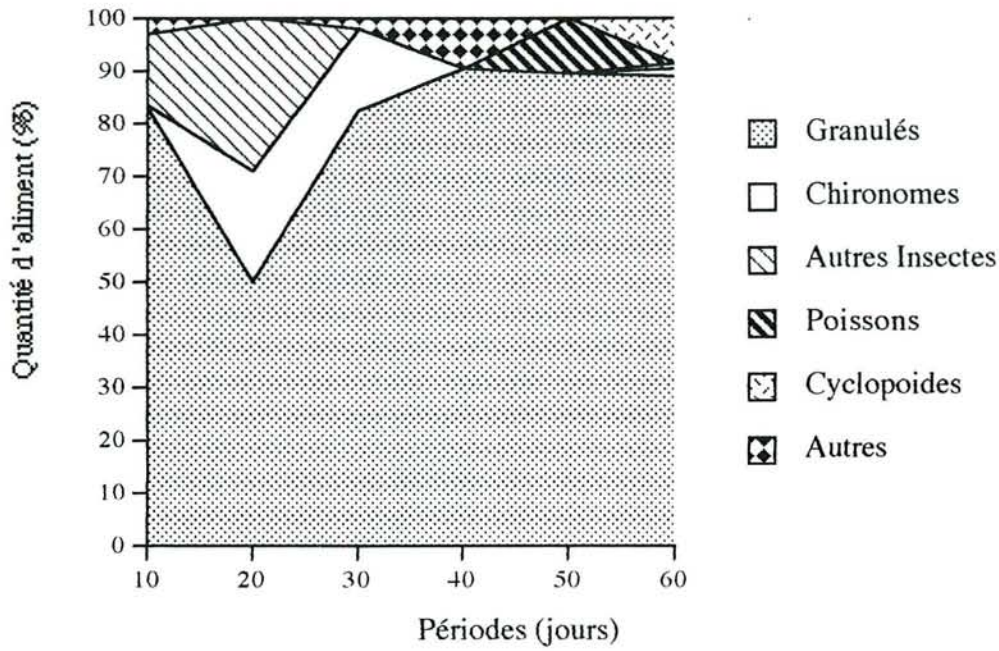


Figure 23. Alimentation des perches élevées en cages flottantes, exprimée en pourcentage du poids frais de la quantité totale des aliments identifiés après analyse des contenus stomacaux.

b - Indices gonadosomatique et hépatosomatique

Quelles que soient les conditions d'élevage, les taux de rationnement utilisés n'ont aucun effet significatif sur les indices gonadosomatique (IGS) et hépatosomatique (IHS). Dans le circuit fermé, l'IGS final est relativement faible mais significativement plus élevé chez la femelle (0,6 contre 0,4) ($F = 9,62$; $p= 0,003$), alors qu'en cage flottante, celui du mâle est significativement plus élevé que celui des femelles (7,1 contre 2,4) ($F =14,42$; $p=0,005$). Ces valeurs sont plus importantes en cages qu'en bassins (tableau 16). A l'inverse, l'IHS est plus élevé en circuit fermé qu'en cage. La comparaison entre les IHS des individus des deux sexes en cage ne décèle pas de différence significative ($F = 3,94$; $p= 0,08$). En cage flottante, l'accroissement gonadique en septembre se fait au détriment de la croissance somatique, alors que cette situation n'est pas observée chez les femelles.

Tableau 16. Poids, IGS et IHS finaux (moyenne ± IC à 95%) de *P. fluviatilis* élevées pendant 8 semaines dans deux systèmes d'élevages. Les individus issus de différents lots et nourris à différents niveaux de rationnement sont regroupés selon le sexe car aucune différence significative n'est enregistrée entre les perches de sexe identique au sein d'un même système. Les valeurs à l'intérieur de la parenthèse indiquent l'effectif de l'échantillon final.

	Circuit fermé		Cage flottante	
	Mâle (28)	Femelle (49)	Mâle (6)	Femelle (6)
Poids (g)	46,3 ± 14,9 a	57,3 ± 11,18 b	44,8 ± 40,6 ab	69,4 ± 55,4 ab
IGS (%)	0,4 ± 0,12 a	0,6 ± 0,17 b	7,1 ± 2,6 c	2,4 ± 2,17 d
IHS (%)	2,1 ± 0,37 a	2,14± 0,25 a	1,0 ± 0,52 b	1,5 ± 0,47 b

Les moyennes ayant une même lettre sur une même ligne ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%

c - Composition corporelle.

L'analyse de variance ne décèle aucune différence notable entre les teneurs des constituants chimiques des perches issues d'un même système d'élevage ($p > 0,05$). Sur la période considérée, les taux de nourrissage utilisés ne présentent pas d'incidence directe sur la composition corporelle des perches. Néanmoins, quelques différences existent entre les teneurs moyennes des composants chimiques des perches élevées en cage et celles des perches élevées en circuit fermé (tableau 17).

Tableau 17 : Composition corporelle moyenne (± intervalle de confiance à 95%) de perches élevées pendant 8 semaines en circuit fermé et en cages flottantes et nourries à différentes rations alimentaires. Les moyennes sur une ligne ayant une même lettre ne sont pas significativement différentes au seuil de 5%.

Constituants	Circuit fermé			Cages flottantes	
	2 %	4 %	6 %	3%	4%
Eau (%)	67,8 ± 0,7 a	68,5 ± 1,5 a	68,1 ± 1,1 a	70,0 ± 1,2 a	67,6 ± 2,3 a
Protéines brutes (% MS)	54,9 ± 2,1 b	55,9 ± 3,6 b	55,6 ± 1,6 b	60,5 ± 2,3 c	58,3 ± 2,2 bc
Cendres (% MS)	12,9 ± 0,4 e	13,0 ± 1,6 e	13,6 ± 1,1 e	13,4 ± 0,9 e	13,2 ± 0,9 e
Lipides Totaux (% MS)	27,4 ± 2,6 d	25,1 ± 5,0 dk	25,2 ± 2,0 dkc	22,7 ± 2,5 c	23,4 ± 1,3 dkc
Triglycérides (% MS)	21,0 ± 3,3 s	17,8 ± 7,8 sv	18,2 ± 2,9 s	10,6 ± 1,8 f	12,7 ± 2,2 fv
Phospholipides (% MS)	6,5 ± 0,8 x	7,3 ± 2,2 x	6,8 ± 1,1 x	12,1 ± 1,6 u	10,7 ± 1,1 u
Énergie (kJ/g)	23,0 ± 0,5 rt	23,1 ± 1,1 r	22,6 ± 0,6 rj	21,6 ± 0,6 j	22,0 ± 0,5 jt

Les teneurs en eau (67 à 70%) et en minéraux totaux (13 à 14 % de la matière sèche) des poissons en fin d'expérience ne sont pas significativement affectées par le type d'élevage ($p > 0,05$). En revanche, la teneur en protéine brute apparaît plus élevée ($F = 4,19$; $p = 0,05$) pour les lots maintenus en cages, avec une différence significative pour la ration de 3%, par rapport à ceux maintenus en eau recyclée.

Parmi les variations biochimiques, les lipides tendent à décroître pour les lots élevés en cage alors qu'ils sont en hausse chez les poissons des bassins. Cette évolution des lipides est nettement plus claire dans la fraction des phospholipides, qui est plus importante chez les perches issues des cages que chez celles issues des bassins ($F=10,08$; $p=0,0001$).

Evidemment, la proportion des phospholipides est inversement proportionnelle à celle des triglycérides. En effet, ces derniers sont davantage représentés chez les perches maintenues en bassins que chez celles élevées en cages (F=4,74 ; p=0,007).
Par rapport à la quantité initiale, l'énergie corporelle présente en général une légère augmentation en fonction du taux de nourrissage en circuit fermé, alors qu'elle baisse chez les perches maintenues en cages à 3% (F= 2,91; p=0,047) (tableau 17).

6.5 - DISCUSSION

- Caractéristiques quantitatives des perches

Ces travaux n'ont pu mettre en évidence de différences statistiques entre les potentialités zootechniques (survie, croissances, IC, CV) des perches nourries à 3 et 4% de leur poids vif. Les taux de survie des perches maintenues en cage sont relativement élevés, même s'ils restent inférieurs à ceux obtenus en circuit fermé. Il est vrai, les perches élevées en circuit fermé n'ont pas subi le stress du transport. Par ailleurs, le cannibalisme est un facteur à prendre en considération. Les lots des cages accusent une perte de 1 à 6%, alors que les mortalités imputées au cannibalisme dans les lots élevés en circuit fermé sont presque nulles. La disparité de taille entre les perches des deux systèmes d'élevage pourrait en être la principale cause. La variabilité de croissance est en effet plus marquée en cage qu'en circuit fermé. Le dimorphisme sexuel est également plus marqué en cage. Dans les deux systèmes, le nombre de femelles dépassent celui des mâles. Les sexes ratios globaux établis sur les différents échantillonnages sont de 64% contre 36% (circuit fermé) et de 58% contre 42% (cage).

Bien que les perches des cages bénéficient quelquefois d'organismes vivants, leur nourriture principale reste cependant l'aliment artificiel distribué. L'IC moyen est plus intéressant à 3% (2,99) qu'à 4% (4,14). D'autres essais sur une plus large gamme de rationnements sont nécessaires pour tenter de définir la meilleure productivité. Ces IC sont significativement plus affectés que ceux obtenus en circuit fermé (2%). Aucun effet statistique ne se dégage entre les taux de croissance spécifiques obtenus en circuit fermé (environ 1,4 %/j) ou en cage (1,1 %/j). En revanche, ils sont plus importants que ceux (inférieurs à 0,4% /j) obtenus antérieurement à 2% en cage (Tamazouzt *et al.*, 1993a). Contrairement au circuit fermé, on estime qu'une ration journalière à 2% de la biomasse des perches en cage est insuffisante pour combler d'éventuelles pertes à travers le filet.

Cette étude montre un ralentissement de croissance pour la période du 25 juillet au 15 août. Cet affaiblissement est également constaté chez d'autres espèces (carpes, esturgeons) maintenues dans les cages avoisinantes. Persson (1983), puis Jamet et Desmolles (1994) signalent une phase estivale de ralentissement de croissance chez les perches des lacs eutrophes suédois et français. Ils traduisent ce handicap par une baisse de visibilité dans le milieu, associée à une faible disponibilité alimentaire.
En août 1992, les concentrations en chlorophylle *a* dépassent 90 mg/l dans l'étang de Lindre; ces valeurs sont considérées comme caractéristiques des milieux eutrophes (Jamet et Desmolles, 1994). De plus, Bergman (1988) et Diehl (1988) s'accordent à dire que la perche *P. fluviatilis* s'adapte mieux dans un environnement mésotrophe. Cette période est caractérisée ici par l'apparition de pics de température (27°C) et une eutrophisation accrue. Cette situation peut s'interpréter à l'aide de l'équation de Winberg (1956) :

Énergie de croissance pondérale = énergie de la ration - énergie métabolisable.

Dans notre cas, les élévations de la température et peut-être des exigences accrues en oxygène (particulièrement la nuit, dues à l'important développement d'algues) seraient les précurseurs d'un accroissement de l'activité métabolique (Solomon et Brafield, 1972) au détriment du gain de poids.

Indépendamment du rationnement, les taux de croissance ne sont pas influencer par la taille des cages (grandes et petites) encore que les densités utilisées demeurent très faibles dans les deux cas. La mobilité des carpes autour des petites cages pourrait perturber les poissons par des poussées sur la poche de filet, constatées lors de la chute des particules alimentaires. L'utilisation des carpes pour empêcher le développement d'algues se révèle de surcroît peu efficace. Cette hypothèse reste néanmoins à prouver. Par ailleurs, des essais antérieurement menés sur la taille des mailles de filets des deux types de cages ne déterminent aucune incidence directe sur le "fouling" à plus 50 cm de profondeur (Dubost, 1992).

- Caractéristiques qualitatives des perches

De même que précédemment, les rations alimentaires distribuées n'entraînent aucun changement sensible sur la composition des perches des cages.
Les différences significatives sont obtenues entre les perches originaires d'élevages distincts : les teneurs lipidiques et caloriques des perches de cages diminuent, alors que les protéines augmentent significativement ou tendent à augmenter.

Ces effets ne peuvent pas être induits par le niveau de rationnement; ils semblent plutôt résulter des variations de la température de l'eau des cages au mois de septembre. Ceci s'accorde avec toutes les observations effectuées dans le milieu naturel sur les espèces congénériques des perches (Swift et Pickford, 1965; Craig, 1977; Tanasichuk et Mackay, 1989). Il en résulte que la modification de la proportion lipidique corporelle des perches est intimement liée au développement gonadique. Ce dernier en revanche ne peut être déclenché en circuit fermé, en raison de la température relativement stable de l'eau des bassins (22°C). La période froide est impérative pour la gonadogenèse chez les Percidés (Hokanson, 1977), alors que la photopériode ne joue qu'un rôle mineur (Kayes et Calbert, 1979).

Le développement gonadique des poissons entraîne d'importants changements métaboliques, dont la totalité des mécanismes demeurent encore peu connue (Rosemblum *et al.*, 1994). Chez les Percidés, cette phase physiologique est alimentée essentiellement par l'énergie des tissus somatiques (Hayes et Taylor, 1994). L'évolution inverse des indices gonadosomatique (IGS) et hépatosomatique (IHS), particulièrement marquée chez les mâles, s'explique par l'induction de la gonadogenèse des perches élevées en cages, plus intense chez les mâles à partir de mi-août. Cette situation a déjà été soulignée lors de nos observations chez la femelle avant la période de fraie (Tamazouzt *et al.*, 1994). Tanasichuk et Mackay (1989) précisent que l'accroissement des gonades s'effectue au détriment des lipides du foie. Par contre, d'après Makarova (1973), l'involution du foie de perches fluviatiles résulte essentiellement de l'utilisation des protéines hépatiques métabolisables pour la synthèse des cellules sexuelles. Il semblerait que ces observations soient des signes précurseurs de maturité sexuelle chez les perches mâles ou femelles (Parent *et al.*, 1976). En effet, chez *P. fluviatilis* la spermatogenèse ne se réalise ni à la même vitesse, ni avec la même intensité que l'ovogenèse (Le Cren, 1951). Ce qui explique ici la différence marquée entre le développement gonadique mâle et femelle des perches.

L'impact de ces deux systèmes d'élevage sur les IGS et IHS ne semble donc intervenir qu'au niveau de la différence de température. Cette différence est déterminante à compter de la fin de la phase de repos sexuel chez la perche mâle (Turner, 1919), induite par l'abaissement progressif de température à partir du mois d'août. On peut penser dans notre cas que les gonades de perches issues du circuit fermé demeurent dans état quiescent prolongé.

Dans nos expériences, la réduction significative de la proportion lipidique observée chez les perches des cages vise particulièrement la fraction des triglycérides.
A l'inverse, les phospholipides enregistrent une hausse très marquée. Cet apport de phospholipides proviendrait de la synthèse de phosphatidylinositol et de la phosphatidylcholine

hépatiques, composantes incontournables dans le développement des fonctions gonadiques des poissons (Rosemblum *et al.*, 1994).

L'augmentation des taux protéiques chez les perches des cages prélevées en septembre, par rapport à celles du circuit fermé, est également attribuée partiellement à la température d'élevage. Ceci confirme les résultats de Parent *et al.*, (1993a; 1993b) sur la perche *P. fluviatilis* et le gardon *Rutilus rutilus* de la retenue de Pareloup. Ces auteurs signalent une augmentation de certains acides aminés (proline, arginine, tyrosine) chez ces deux espèces qui subissent les même variations environnementales, mais diffèrent par leur régime alimentaire. Murray *et al.* (1977) et Saleh (1984) précisent, respectivement chez le poisson chat et la carpe, qu'une élévation de température favorise généralement le dépôt de lipides, alors que sa baisse favorise l'accrétion protéique. Ce qui vérifierait la forte teneur lipidique des perches du circuit fermé et la forte teneur protéique des perches des cages. Ces résultats proviendraient d'une meilleure efficacité d'utilisation protéique. Il semblerait qu'un niveau protéique alimentaire élevé associé à une température optimale, induisent une lipogenèse des protéines (Huh, 1975; Reinitz et Austin, 1980; Saleh, 1984). Dans ce contexte, le taux énergétique (21,2 kJ/g) de l'aliment utilisé pourrait être également impliqué dans la hausse des teneurs lipidiques des perches du circuit fermé.

Nos investigations montrent que les perches européennes nourries à 4 % n'améliorent pas non plus leur composition corporelle. Néanmoins, les perches des cages sont moins grasses et plus riches en protéines que celles du circuit fermé. Un taux de nourrissage journalier à 3 % de la biomasse semble le plus adéquat en cages flottantes. L'aliment utilisé est très riche en protéines brutes (60,9 % MS), alors que l'étude menée sur la perchaude (Huh, 1975) ne montre pas de différences significatives de croissance pour un aliment contenant 27, 40 ou 50 % de protéines dans l'aliment.
Des investigations ultérieures sur ce sujet seraient intéressantes afin de réduire à son minimum les protéines alimentaire, souvent onéreuses, et cela sans conséquences néfastes pour les poissons.

DISCUSSION ET CONCLUSION GENERALES

Les travaux réalisés, essentiellement relatifs à l'alimentation, avaient deux objectifs principaux : d'une part, contribuer à la mise en oeuvre d'une stratégie d'adaptation de la perche commune à des conditions d'élevage en milieu confiné et d'autre part, étudier l'intérêt aquacole de ses potentialités zootechniques.

Les études sur le démarrage larvaire ont permis de montrer que les perches acceptent l'alimentation inerte comme première nourriture exogène, ce qui présente un réel avantage pour, en particulier, initier des recherches dans le domaine nutritionnel. Durant les premiers jours qui suivent l'éclosion, un diamètre de particules inférieur à 200 µm est accessible. Celle-ci devrait augmenter à mesure que les larves croissent.
Dans une gamme d'éclairement de 250-800 lux, l'aliment Pican (brun-jaunâtre) est mieux détecté par les larves dans les bassins à parois claires que dans ceux à parois sombres. Nous en avons déduit que l'intensité lumineuse et la couleur interne des bassins d'élevage interagissent pour augmenter le contraste entre l'aliment et l'environnement. Cependant ces interactions sont difficilement interprétables. Pour approfondir ce point, il serait important, compte tenu du phototactisme très positif des jeunes perches, de poursuivre les investigations. L'application d'intensités lumineuses inférieures et supérieures à la gamme testée permettrait d'établir les seuils limites d'éclairage dans un élevage larvaire.

Indépendamment des différents traitements, une "crise de mortalité" est mise en évidence entre le 6ème et le 8ème jour. Sans pouvoir lui donner une interprétation définitive, cette mortalité semble inhérente au passage de l'endotrophie à l'exotrophie. Il est possible également qu'elle soit accentuée par une carence nutritionnelle, ou par un refus de l'aliment artificiel. Néanmoins, nous avons démontré qu'aucune larve de *Perca fluviatilis* ne peut survivre plus de 10 jours sans apport de nourriture exogène.

Le meilleur taux de survie moyen obtenu (26 %) est comparable à ceux cités dans la littérature et obtenus avec une alimentation naturelle. En revanche, les croissances constatées restent en-deçà de celles enregistrées avec du zooplancton vivant. A ce stade de développement on peut penser que, comme chez la plupart des téléostéens, l'évacuation du tube digestif est rapide (de quelques minutes à trois heures seulement). Aussi, la fréquence de distribution alimentaire dans nos élevages (6 repas/jour) est-elle sans doute insuffisante. Une distribution en continu devrait permettre d'améliorer la survie et la croissance de nos poissons.

Il faut signaler cependant que les résultats obtenus peuvent dépendre de nos conditions d'élevage, les conditions optimales d'élevage larvaire sont méconnues et les interactions entre les paramètres physico-chimiques de l'eau et l'alimentation restent encore à définir.

En outre, l'amélioration de la composition de l'aliment de démarrage, afin d'optimiser la croissance larvaire, constitue un axe de recherche à explorer selon deux voies : améliorer leurs propriétés organoleptiques susceptibles de favoriser la prise d'aliment par les larves (appétence) et mieux définir leur valeur nutritive.

La composition chimique globale et le profil des acides gras des triglycérides de l'aliment et des larves ont été analysés dans ce travail. Il en résulte que les triglycérides sont davantage mobilisés que les phospholipides durant la période larvaire. Globalement, les acides gras des larves reflètent ceux de l'aliment. Ce dernier est très riche en acides gras saturés. L'étude ultérieure menée dans notre laboratoire, montre qu'un rapport de 1 entre deux acides gras polyinsaturés (20:5 n-3 / 22: 6 n-3) de l'aliment peut améliorer la croissance et la survie des jeunes poissons. Les besoins spécifiques des larves en acides gras essentiels restent à déterminer pour assurer la progression des connaissances biologiques actuelles. La nutrition de la perche en milieu contrôlé constitue un domaine totalement inconnu, d'autres investigations sur les besoins protéiques méritent, bien entendu, d'être menées.

Les essais comparatifs réalisés sur les juvéniles nourris avec du poisson fourrage, une alimentation carnée inerte (foie de boeuf) ou encore un aliment composé sec ou humidifié montrent que la nature de l'aliment conditionne le degré d'adaptabilité de la perche au confinement. Le meilleur taux de survie réalisé suite à un sevrage direct avec un aliment du commerce atteint 68 % dans un lot. Quel que soit le type d'aliment, le cannibalisme redouté par les exploitants chez tous les carnassiers ne dépasse guère 7 % dans notre cas. Par contre, nous signalons certaines disparités entre réplicats que nous ne sommes pas en mesure d'expliquer. L'hypothèse la plus plausible serait le stress et les perturbations individuelles provoqués lors des diverses manipulations. La sensibilité au stress, très prononcé chez ces poissons, favorise également le développement de Saprolegniacae et surtout d'*Aeromonas hydrophyla*, seuls germes pathogènes observés dans nos conditions d'élevage. Un traitement à l'acide oxolinique *via* l'alimentation pendant dix jours consécutifs semble donner satisfaction. Des investigations sur l'efficacité germicide du rayonnement ultrat-violet de notre système sur l'*Aeromonas hydrophyla* seraient intéressantes à mener.

L'étude de l'influence du rationnement alimentaire sur la croissance et la composition corporelle des poissons a permis d'opter pour un taux de nourrissage journalier de 2% de la biomasse. Cependant, cette quantité n'est pas suffisamment abondante pour réduire le coefficient de variation pondérale qui est intimement lié au dimorphisme sexuel. Un tel rationnement engendre une meilleure croissance chez les femelles que chez les mâles. Il évite par ailleurs l'apparition précoce de pics de produits azotés toxiques ($N\text{-}NH_4^+$, $N\text{-}NO_2^-$)

observée dans les lots nourris à 4 et 6%. La quantité d'aliment nécessaire pour obtenir une bonne croissance et une bonne efficacité alimentaire pour les perches en phase de grossissement est donc estimée à 2% du poids vif sur des individus de 20-23 g. L'utilisation de cages flottantes pour le grossissement des perches sevrées pourrait être une solution plus économique, d'autant plus que leur croissance est identique à celle des poissons élevés en bassins. Les contraintes majeures rencontrées toutefois dans l'élevage en cage résident d'une part dans l'eutrophisation accrue en période estivale et d'autre part, dans les variations saisonnières de température qui entraînent une baisse de l'activité alimentaire. Des recherches plus détaillées pourraient préciser ces points.

Contrairement aux cages flottantes, l'élevage des perches de l'année en circuit fermé à une température de 18-20°C et photopériode constante (16h L / 8h O) inhibe le processus de la reproduction. En effet, les indices gonadosomatiques des perches élevées en circuit fermé restent stables. On enregistre en revanche un développement gonadique significatif chez les perches des cages en fin de période estivale. L'induction gonadique s'accompagne conjointement d'une régression hépatique et d'une modification de la composition corporelle des perches. Globalement, les perches des cages sont plus riches en phospholipides et en protéines et plus pauvres en triglycérides que celles du circuit fermé. Il est signalé dans la littérature que des rations excédentaires produisent des poissons gras au foie nécrosé. Ce phénomène n'a pas été observé dans nos élevages.

Le sevrage des perchettes de l'année (préalablement élevées en étang) puis leur grossissement en eau recyclée et en cages flottantes demeurent une voie de recherche des plus prometteuses dans l'immédiat. Le nanisme, longtemps déploré par les pisciculteurs d'étangs, est mis hors de cause dès lors que les disponibilités alimentaires sont suffisantes. Le taux de croissance individuelle et l'indice de consommation enregistrés confirment le potentiel piscicole de la perche. Sa relative résistance à la détérioration de l'eau lui confère un atout supplémentaire. L'autopsie des perches révèle, dans la majorité des cas, que le sexe ratio est dominé par le nombre de femelles. Il est possible que celles-ci acceptent mieux le confinement que les mâles. Si une telle hypothèse se confirme, en plus de l'avantage des femelles dans la croissance, une élevation de la proportion de femelles au sein d'une descendance, permettrait l'obtention d'individus plus homogènes et mieux adaptés à une pisciculture intensive. D'autant plus que la technique des populations monosexe est rendue possible au moyen d'hormones de synthèse chez la perchaude. Cette technique est prohibée en France bien qu'elle ne présente pas de réels inconvénients pour la santé humaine. L'inversion du sexe des juvéniles de poisson à l'aide de procédés basés sur des géniteurs biomanipulés ou sur l'influence de la température est

déjà réalisable chez d'autres espèces. L'application de ces techniques seraient intéressantes à tester chez la perche.

Notre étude laisse bien augurer du développement d'une pisciculture intensive de la perche commune. Néanmoins, l'optimisation de ses potentialités zootechniques en vue de son éventuel élevage à une échelle comparable à celle de la salmoniculture nécessite encore des travaux, notamment en ce qui concerne ses exigences alimentaires sur les plans qualitatifs et quantitatifs.

Les données bibliographiques relatives à l'élevage de la perche à l'aide d'une alimentation artificielle faisant défaut, cette étude fournit les premières bases biologiques ainsi qu'une méthodologie de sevrage et d'alimentation de la perche *Perca fluviatilis* dans un environnement contrôlé.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AHLBERT, I.B., 1970. The organization of the cone cells in the retinae of four teleosts with different feeding habits (*Perca fluviatilis* L., *Lucioperca lucioperca* L., *Acerina cernua* L., and *Coregonus albula* L.). Arkiv För zoologi. 22, 445-481.

AHLBERT, I.B., 1975. Organization of the cone cells in the retinae of some teleosts in relation to their feeding habits. Ph.D. thesis, University of Stockholm, Sweden. 29 pp.

ALI, M.A., ANCTIL, M., 1968. Corrélation entre la structure rétinienne et l'habitat chez *Stizostedion vitreum vitreum* et *S. Canadense*. J. Fish. Res. Bd. Can. 25, 2001-2003.

ALI, M.A., 1971. Les responses retinomotrices : caractères et mécanismes. Vision. Res. 11, 1225-1288.

ALI, M.A., RYDER, R.A., ANCTIL, M., 1977. Photoreceptors and visual pigments an related to behavioral responses and preferred habitats of perch (*Perca* spp) and pike perch (*Stizostedion* spp). J. Fish. Res. Board Can. 34, 1475-1479.

AWAISS, A., KESTEMONT, P., MICHA, J. C., 1992. Nutritional suitability of the rotifer *Brachionus calyciflorus* Pallas for rearing freshwater fish larvae. J. Appl. Ichthyol. 8, 263-270.

AWALUDDIN, A.B., MUSTAFA, S., MOKHTAR, M.B., 1994. Quality management in production of sea bass (*Lates calcarifer*) through cage culture system. *In* : Measures for success (Abstracts), MUIR, J., SEVILLA, F. (eds)., p 133-134. European Aquaculture Society. Spec. Publ. N° 21, Oostend, Belgium, 352 pp.

BARAHONA-FERNANDES, M.H., 1979. Some effects of light intensity and photoperiod on the sea bass larvae (*Dicentrarchus labrax* L.) reared at the centre oceanologique de bretagne. Aquaculture 17, 311-321.

BARBATO, F., FANARI, A., MELONI, F., SAVARINO, R., 1993. Cage culture of gilthead sea bream (*Sparus aurata*) in two sardinian coastal lagoons. *In* : Production, environment and quality., BARNABÉ, G., KESTEMONT, P. (eds)., p 95-103. European Aquaculture Society. Spec. Publ. N° 18, Ghent, Belgium, 587 pp.

BARNABÉ, G., 1976. Contribution à la connaissance de la biologie du loup dicentrarchus labrax L. (Poissons Serranidae) de la région de Sète. Thèse de doctorat d'état, Université des Sciences et Techniques du Languedoc, Montpellier, France, 426 pp.

BEIN, R., RIBI, G., 1994. Effects of larval density and salinity on the development of perch larvae (*Perca fluviatilis* L.). Aquatic Sci. 56, 97-105.

BENOIT, D., 1968. Nutrition study for maintaining yellow perch fingerlings in the laboratory. Prog. Fish cult. 30, p 234.

BERGMAN, E., 1988. Foraging abilities and niche breadthsof two percids, *Perca fluviatilis* and *Gymnocephalus cernua*, under different environmental conditions. J. Anim. Ecol. 57, 443-453.

BERGOT, P., CHALON, N., DURANTE, H., 1986. The effect of compound diets feeding on growth and survival of coregonid larvae. Arch. Hydrobiol. Beih. 22, 265-272.

BEST, C.D., 1981. Initiation of artificial feeding and the control of sex differenciation in yellow perch, *Perca flavescens*. Ph.D. thesis. University of Wisconsin, Madison, Wisconsin, U.S.A. 121 pp.

BILLARD, R., SEVRIN-REYSSAC, J., 1993. Les impacts négatifs et positifs de la pisciculture d'étang sur l'environnement. *In* : Production, environment and quality. 17-29 p, BARNABÉ, G., KESTEMONT, P. (eds). European Aquaculture Society. Spec. Publ. No. 18, Ghent, Belgium. 577 pp.

BIRÓ, P., 1977. Effects of exploitation, introduction and eutrophisation on percids on lake Balaton. J. Fish. Res. Board Can. 34, 1678-1683.

BLAXTER, J.H.S., 1965. The feeding of herring larvae and their ecology in relation feeding. Atlas. Calif. Coop. Oceanic. Fish. Invest. 10, 79-88.

BLAXTER, J.H.S., 1975. The eyes of larval fish. *In* : vision in fishes. New approaches in research. ALI, M.A. (ed)., p 253-262 . Plenum Press, N. Y., London.

BLAXTER, J.H.S., 1980. Vision and the feeding of fishes. *In* : Fish behavior and its use in the capture and culture of fishes., BARDACH, J.E., MAGNUSON, J.J., MAY, R.C. and REINHART, J.M. (eds)., p 32-56. International center for living Aquatic Resources Management, Manila,Philippines, ICLARM, Conference Proceedings 5, 512 pp.

BRETT, J.R., SHELBOURN, J.E., SHOOP, C.T., 1969. Growth rate and body composition of fingerling sockeye salmon, *Oncorhynchus nerka*, in relation to temperature and ration size. J. Fish. Resear. Board. Can. 26, 2363-2393.

BRISTOW, B.T., SUMMERFELT, R.C., 1994. Performance of larval walleye cultured intensively in clear and turbid water. J. World Aquaculture Society 25, 454-464.

BURROWS R.E., 1972. Salmonid husbandry techniques. *In* : Fish nutrition, HALVER, J.E. (ed)., p 279-352. Academic press, New York, London.

CALBERT, H.E., 1977. The production of yellow perche fingerling. *In* : Perch fingerling production for aquaculture, SODERBERG, R.W. (ed)., p 1-6. University Wisconsin, Sea Grant Advisory report # 421, 77 pp.

CAVALIER, F., 1989. Alimentation artificielle des larves de Bar (*Dicentrarchus labrax*) en conditions experimentales, aspects zootechniques et morphologiques. Thèse de Doctorat, Université de Montpellier, France, 199 pp.

CHAPPAZ, R., BRUN, G., OLIVARI, G., 1989. Contribution à l'étude du régime alimentaire, de la croissanceet de la fécondité de la perche (*Perca fluviatilis* L.) dans un lac oligotrophe de région tempérée. Rev. Sci. Eau 2, 95-107.

CHIKOVA, V.M., 1970. The feeding of the perch (*Perca fluviatilis* L.) in the Drawn-down zone of Kuybyshev Reservoir around the Dam. J. Ichtyol. 10, 328-332.

CHODOROWSKA, W., CHODOROWSKI, A., 1969. Les besoins nutritifs des alevins de certains poissons carnassiers. Verh. Internat. Verein. Limnol. 17, 1028-1089.

CHODOROWSKA, W., CHODOROWSKI, A., 1975. Substitution d'élements de la diète chez les alevins de poissons carnassiers. Verh. Internat. Verein. Limnol. 19, 2556-2562.

COLLETER, J.Y., 1992. L'aquaculture d'eau douce : les responsabilités d'un leader européen. *In* : Les eaux continentales françaises : une richesse à gérer. ENSA Rennes (ed)., p 107-114, Actes du colloque, 308 pp.

COLLETTE, B.B., ALI, M.A., HOKANSON, K.E.F., NAGIEC, S.A. SMIRNOV, S.A., THORPE, J.E., WEATHERLEY, A.H, WILLEMSEN, J., 1977. Biology of the Percids. J. Fish. Res. Board Can. 34, 1890-1899.

COLLETTE, B.B., BÄNÄRESCU, P., 1977. Systematics and zoogeography of the fishes of the family Percidae. J. Fish. Res. Board Can. 34, 1450-1463.

CONFER, J.L., LAKE, G.J., 1987. Influence of prey type on growth of young yellow perch (*Perca flavescens*). Can. J. Fish. Aquat. Sci. 44, 2028-2033.

CORAZZA, L., NICKUM, J.G., 1981. Positive phototaxis during initial feeding states of walleye larvae. *In* : The early life history of fish : Recent studies. LASKER, R., SHERMAN, K (eds)., p 492-494.

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. Timber press, Portland, Oregon, 333 pp.

DABROWSKI, K.R., 1982. The influence of light intensity on feeding of fish larvae and fry II. *Rutilus rutilus* (L), *Perca fluviatilis* (L). Zool. Jb. Physiol. 86, 353-360.

DABROWSKI, K.R., 1983. Elevage de larves de crégones nourries a l'aliment sec et naturel synthèse bibliographique récente. Bull. Fr. Piscic. 291, 183-190.

DABROWSKI, K., BARDEGA, R., 1984. Mouth size and predicted food size preferences of larvae of three Cyprinid fish species. Aquaculture 40, 41-46.

DABROWSKI, K., CULVER D.A., BROOKS C.L., VOSS, A.C., BINKOWSKI, F.P., YEO, S.E., BALOGUN, A.M., 1993. Biochimical aspects of the early life history of yellow perch (*Perca flavescens*), *In* : Fish nutrition in practice. p 531-539. KAUSHIK, S.J., LUQUET, P.(eds)., INRA , 972 pp.

DABROWSKI, K., CIERESZKO, A., RAMSEYER, L., CULVER, D., KESTEMONT, P., 1994. Effects of hormonal treatment on induced spermiation and ovulation in the yellow perch (*Perca flavescens*). Aquaculture 120, 171-180.

DAGNELIE, P., 1975. Théorie et méthodes statistiques. Application agronomique. Vol II. Les méthodes de l'inférence statistique. Les presses agronomiques de Gembloux, A.S.B.L., 463 pp.

DALIMIER, N., PHILLIPART, J.C., VOSS, J., 1982. Etude éco-éthologique de la reproduction de la perche (*Perca fluviatilis* L. 1758) en milieu semi-naturel. Cah. Ethol. Appl. 2, 37-52.

DALIMIER, N., VOSS, J., 1982. La ponte de la perche observations en aquarium et en milieu naturel. Rev. Fr. Aquariol. 9, 87-88.

DEELDER, C.L., 1951. A contribution to the knowledge of the stunded growth of perch (*Perca fluviatilis* L.) in Holland. Hydrobiol. III, 357-378.

DENDRINOS, P., DEWAN, S., THORPE, J.P., 1984. Improvement in the feeding efficiency of larval, post larval and juvenile dover sole (*Solea solea* L.) by the use of staining to improve the visibility of *Artemia* used as food. Aquaculture 38, 137-144.

DESVILETTES, C., BOURDIER, G., BRETON, J.C., 1994. Lipid class and fatty acid composition of planctivorous larval pike *Esox lucius* living in a natural pond. Aquat. Living Ressour. 7, 67-77.

DIEHL, S., 1988. Foraging efficiency of three freshwater fishes : effects of structural complexity and light. Oikos 53, 207-214.

DISLER, N.N., SMIRNOV, S. A., 1977. Sensory organs of the lateral line canal system in two percids and their importance in behavior. J. Fish. Res. Board. Can. 34, 1492-1503.

DREYER, S., 1987. Der europäische Flußbarsch (*Perca fluviatilis* L.) als objekt der Aquakultur. Ph. D. thesis, University of Hohenheim, Germany, 118 pp.

DUARTE, S.A., ROBERT, G.N., MASSER, M.P., 1994. Profit-maximizing stocking rates for channel catfish in cages. J. World Aquac. Soc. 25, 442-447.

DUBOST, N., 1992. Etude de la fertilité et de la sedimentation à l'etang de Lindre. Rapp. Cent. Rech. Ecolog. Université de Metz, (C.R.E.U.M), France. 80 pp.

EFTHIMIOU, S., DIVANACH, P., ROSENTHAL, H., 1994. Growth , food conversion and agonistic behaviour in common dentex (Dentex dentex) juveniles fed on pelleted moist and dry diets. Aquat. Living Resour. 7, 267-275.

FIOGBÉ, E.D., KESTEMONT, P., MICHA, J.C., MÉLARD, C., 1994. Some physiological and biochimical characteristics of perch (*Perca fluviatilis*) development in a fertilised pond. Preliminary results. *In* : Measures for success (Abstracts), MUIR, J. and SEVILLA, F. (eds)., p 150-151. European Aquaculture Society, Spec. Publ. 21, Oostende, Belgium, 352 pp.

FLAJSHANS, M., CONDOR, R., 1989. Artificial propagation of perch *Perca fluviatilis.* Bull. Vyzh. Voldn. 25, 10-13.

FLESCH, A., MASSON, G., MORETEAU, J.C., 1994a. Comparaison de trois méthodes d'échantillonnage utilisées dans l'étude de la répartition de la perche (*Perca fluviatilis*) dans un lac-réservoir. Cybium 18, 39-56.

FLESCH, A., 1994b. Biologie de la perche (*Perca fluviatilis*) dans le reservoir du Mirgenbach (Cattenom, Moselle). Thèse de l'Université de Metz, C.R.E.U.M., France. 241 pp.

FOLCH, J., LEES, M., SLOANE-STANLEY, G.H., 1957. A simple method for the isolation and purification of total lipids from animal tissues. J. Biol. Chem. 226, 497-509.

FONTAINE P., VLAVONOU R., TAMAZOUZT L., TERVER D., MASSON G., 1994. Élevage de perches sevrées en eau recyclée : résultats préliminaires. Cah. Ethol. 13, 411-420.

FONTAINE, P., 1994. Application de techniques Aquariologiques à la production d'alevins de truite arc-en ciel *Oncorhynchus mykiss* W. en circuit fermé : importance des facteurs alimentaires. Thèse de l'I.N.P.L., Nancy, France. 153 pp.

FONTAINE, P., TAMAZOUZT, L., TERVER, D., GEORGES, A., 1993. Actual state of production of perch: problems and prospects. I- Mass rearing potentialities of the common perch under controlled conditions. *In* : Aquaculture of freshwater species (except salmonid), KESTEMONT, P., BILLARD, R. (eds), p 46-48. European Aquaculture Society, Spe. Pub. N° 20, Oostende, Belgium, 79 pp.

FRASER, A.J., SARGENT, J.R., GAMBLE, J.C., MACLACHLAN, P., 1987. Lipid classe and fatty acid composition as indicators on the nutritional condition of larval Atlantic herring. Am. Fish. Soc. Symp. 2, 129-143.

FURNASS, T. I., 1979. Laboratory experiments on prey selection by perch fry (*Perca fluviatilis*). Freshwater Biology 9, 33-43.

GAGNAIRE, L., 1988. Rôle de la pêche française au Léman dans l'économie locale du Chablais. Rapp. Inst. Limnologie, INRA, Thonon-les-Bains, France, 93 pp.

GILES, N., STREET, M., WRIGHT, R.M., 1990. Diet compositon and prey preference of tench, *Tinca tinca* (L.), commun bream, *Abramis brama* (L), perch, *Perca fluviatilis* (L.) and roach, *Rutilus rutilus* (L.), in two contrasting gravel pit lakes, potentiel trophic overlap with wildfowl. J. Fish. Biol. 37, 945-957.

GILLET, C., 1989. Réalisation de frayères artificielles flottantes pour les poissons lacustres. Hydroécol. Appl. 1/2, 145-493.

GINETZ, R.M., LARKIN, P.A., 1973. Choice of colors of food items by raibow trout (*Salmo gairdneri*). J. Fish. Res. Bd. Can. 30, 229-234.

GOOLISH, E.M., ADELMAN I.R., 1984. Effects of ration size and temperature on the growth of juvenile common carp (*Cyprinus carpio* L.). Aquaculture 36, 27-35.

GOUBIER, J., HOESTLANDT, H., GOUBIER, M., 1983. Recherches biologiques sur la perche (*Perca fluviatilis* L.) de Sao Miguel (Açores). Cybium 7, 25-49.

GOUBIER, J., MARCHANDISE, B., 1990. Etude de faisabilité d'une pisciculture de perche. Rapp. Inst. Rég. Recher. Appl. Aqua (I.R.R.A.A). 70 pp.

GRAFF, D.R., 1978. Intensive culture of Esocids : The current state of the art. Am. Fish. Soc. Spec. Publ. 11, 195-201.

GUMA'A, S.A., 1978. The food and feeding habits of young perch, *Perca fluviatilis* , in Windermere. Freshwat. Biol 8, 177-187.

GUMA'A, S.A., 1982. Retinal development and retinomotor responses in perch, *Perca fluviatilis*. J. Fish. Biol. 20, 611-618.

HAARD, N.F., 1992. Control of chemical composition and food quality attributes of cultured fish. Food. Resear. internat. 25, 289-307.

HALE, J.G., CARLSON, A.R., 1972. Culture of yellow perch in the Laboratory. Prog. Fish. Cult. 34, 195-198.

HARTMANN, J., 1983. Two feeding strategies of young fishes. Arch. Hydrobiol. 96, 496-509.

HASAN, M.R., MACINTOSH, D.J., 1992. Optimum food particule size in relation to body size of common carp, *Cyprinus carpio* L., fry. Aquaculture Fish. Managt. 23, 315-325.

HAYES, D.B., TAYLOR, W. W., 1994. Changes in the composition of somatic and gonadal tissues of yellow perch following white sucker removal. Trans. Am. Fish. Soc. 123, 204-216.

HECHT, T., PIENAAR, A.G., 1993. A review of cannibalism and its implications in fish Larviculture. J. World Aqua. Soc. 24, 246-261.

HEIDINGER, R.C., KAYES, T.B., 1986. Yellow perch. *In* : Culture of nonsalmonid freshwater fishes, STICKREY, R. R. (ed)., p 103-113. C R C Press, Boca Raton, FL.

HINSHAW, M., 1985. Effects of illumination and prey contrast on survival and growth of larval yellow perch (*Perca flavescens*). Trans. Amer. Fish. Soc. 114, 540-545.

HINSHAW, M., 1986. Factors affecting, survival, and growth of larval and early juvenile perch (*Perca flavescens*, Mitchill). Ph.D. thesis, University, North Carolina State, U.S.A. 80 pp.

HOESTLANDT, M., 1979. Recherches biologiques sur la perche, *Perca fluviatilis* L., en France. Rapp. Conseil Sup. Pêche, 105 pp.

HOESTLANDT, M., 1980. La perche en France. Biologie et nanisme. Pisci. Franç. 16,

HOFF, H., SNELL, T.W., 1989. Plankton culture manual. Florida aqua Farms (eds) second edition, 126 pp.

HOKANSON, K.E.F., 1977. Temperature requirements of some Percids and adaptations to the seasonal temperature cycle. J. Fish Res. Board Can. 34. 1524-1556.

HOKANSON, K.E.F., 1978. Optimum culture requirements of the early life phases of the yellow perch. *In* : Perch fingerling production for aquaculture. SODERBERG, R.W., (ed)., p 24-40. University Wisconsin, Sea Grant Advisory report # 421, 77 pp.

HOUDE, E.D., 1973. Some recent advances and unsolved problems in the culture of marine fish larvae. Proc. World. Mar. Soc. 3, 83-103.

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.

HUH, H.T., 1975. Bioenergetics of food conversion and growth of yellow perch (*Perca flavescens*) and walleye (*Stizostedion vitreum vitreum*) using formulated diets. Ph.D. thesis, University of Wisconsin-Madison, U.S.A. 196 pp.

HUH, H.T., CALBERT, H.E., STUIBER, D.A., 1976. Effects of temperature and light on growth of yellow perch and walleye using formulated food. Trans. Am. Fish. Soc. 105, 254-258.

HURST, P.M., 1953. Can fish see color. Prog. Fish Cult. 15, p 95.

IFCF, 1988. STAT-ITCF, 4ème édition, services eds études statistiques, Paris.

ITO, T., SUZUKI, R., 1977. Feeding habits of a cyprinid loach in the early stages. Bull. Freshwater Res. Lab. 27, 85-94.

IWAI, T.JR., AKO, H., YASUKOCHI, L.E., 1992. Use of beef liver in the diet of juvenile mahimahi, *Coryphaena hippurus* L. World Aquaculture 23, 49-51.

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. Revue ges. Hydrobiol. 79, 305-322.

JEZIERSKA, B., 1974. The effect of various type of food on the growth and chemical composition of the body of perch (*Perca fluviatilis*) in laboratory conditions. Pol. Arch. Hydrob. 21, 467-479.

JOBLING, M., 1986. Gastrointestinal overload- A problem with formulated diet feeds. Aquaculture 51, 257-263.

KARÅS, P., 1987. Food consumption, growth and recruitment in perch (*Perca fluviatilis* L.). Ph.D. thesis, University of Uppsala, Sweden. 130 pp.

KARÅS, P., 1990. Variation in year-class strength of different perch, (*Perca fluviatilis*) populations in the Baltic Sea with special reference to temperature and pollution. Can. J. Fish. Aqua. Sci. 48, 1181-1187.

KARÅS, P., THORESSON, G., 1992. An application of bioenergetics model to Eurasian perch (*Perca fluviatilis*). J. Fish. Biol. 41, 217-230.

KAYES, T.B., 1978. Reproductive biology and artificial propagation methods for adult perch. *In* : Perch fingerling production for Aquaculture, SODERBERG, R. (ed)., p 6-23. University Wisconsin, Sea Grant College Program Advisory Report # 421. 77 pp.

KAYES, T.B., CALBERT, H.E., 1979. Effects of photoperiod and temperature on the spawning of yellox perch, Perca flavescens. Proc. World Maricult., 10, 306-316.

KAUSHIK, S.J., 1990. Importance des lipides dans l'alimentation des poissons. Aqua. Revue, N° 29, 9-16.

KAUSHIK, S.J., CHOUBERT, G., CORRAZE, G., FAUCONNEAU, B., 1991. Etat des connaissances sur les facteurs de qualité des poissons d'élevage : rôle des composés liposolubles. *In* : Qualité des produits carnés, p 1-12. Acte du colloque "Journée Roche", Paris.

KERDCHUEN, N., 1992. L'alimentation artificielle d'un silure africain : *Heterobranchus longifilis* (Teleostei: clariidae) : Incidence du mode d'alimentation et première estimation des besoins nutritionnels. Thèse de l'Université Paris 6, Paris, France., 183 pp.

KLEMETSEN, A, 1973. Pelagic, plankton-eating perch. Astarte 6, 27-33.

KROM, M.D., PORTER, C., GORDIN, H., 1985. Causes of fish mortalities in semi-intensively operated seawater in Eilat, Israel. Aquaculture 49, 159-177.

LE CREN, E.D., 1951. The lengh-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). J. Anim. Ecology. 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 change in population density. J. Animal Ecology 27, 287-334.

LE CREN, E. D., 1992. Exceptionally big individual perch (*Perca fluviatilis* L.) and their growth. J. Fish Biol. 40, 599-625.

LERAY, C., PELLETIER, X., 1985. Fatty acid composition of trout phospholipids : Effect of (n-3) essential fatty acid deficiency. Aquaculture 50, 51-59.

LOMBART, J.P.C., 1985. Pathologie et traitement du Cichlidé (Pisces, téleosteen) en aquarium. Thèse de pharmacie , Picardie, France, 60 pp.

MC CARTHY, I.D., CARTER, C.G., HOULIKAN, D.F., 1992. The effect of feeding hierarchy on individual variability in daily feeding of raibow trout, *Oncorhynchus mykiss* (W). J. Fish. Biol., 41, 257-263.

MAKAROVA, N.P., 1973. Seasonal changes in some of the physiological characteristics of the perch (*Perca fluviatilis*) of Ivan'kova reservoir. J. Ichtyol. 13, 742-752.

MALISON, J. A., HELD, J. A., 1992. Effects of fish size at harvest, initial stocking density and lighting conditions on the habituation of pond reared yellow perch (*Perca flavescens*) to intensive culture condition. Aquaculture 104, 67-78.

MALSERVISI, A., MAGNIN, E., 1968. Changements cycliques annuels se produisant dans les ovaires de *Perca fluviatilis flavescens* (Mitchill) de la région de Montréal. Naturaliste Can. 95, 929-945.

MANCI, W.E., MALISON, J.A., KAYES, T.B., KUCZYNSKI, T.E., 1983. Harvesting photopositive juvenile fish from a pond sing a lift net and light. Aquaculture 34, 157-164.

MANCI, W.E., QUIGLEY, J.T., 1981. Determination of operating parameter values for water reuse aquaculture. Bio-engineering symposium for fish culture. (FCS Publ I), 97-103.

MANSUETTI, A.J., 1964. Early development of yellow perch, *Perca flavescens*. Chesapeake Sci. 5, 46-66.

MASTERSON, M. F., GARLING, D.L., 1986. Effect of feed acceptance and growth of walleye fingerling. Prog. Fish Cult. 48, 306-309.

MÉLARD, C., PHILIPPART, J.T., 1984. Essai d'élevage semi-intensif en bassins d'alevinage de perche fluviatile (*Perca fluviatilis* L.) obtenus par reproduction artificielle. Cah. Éth. Appl. 4, 59-66

MÉLARD, C., OROZCO, J.J., URAN, L.A., DUCARME, CH., 1993. Comparative growth rate and production of *Colossoma macropomum* and *Piaractus brachypomus* (*Colossoma bidens*) in tanks and cages using intensive rearing. *In* : Production, environment and quality. BARNABÉ, G., KESTEMONT, P. (eds)., p 433-441. European Aquaculture Society. Spec. Publ. N° 18, Ghent, Belgium, 587 pp.

MÉLARD, C., BARAS, E., DESPREZ, D., PHILIPPART, J.C., KESTEMONT, P., 1994. Intensive culture of perch (*Perca fluviatilis*). First results on the effects of stocking density on growth and survival of larvae and juveniles. *In* : Measures for Success (Abstract), MUIR, J. and SEVILLA, F. (eds)., p 206-207. European. Aquaculture. Society, Spéc. Publ. 21, Oostend, Belgium, 352 pp.

MEZHNIN, F.I., 1978. Development of the sex cells in the early ontogy of the common perch, *Perca fluviatilis*. J. Ichtyol., 18, 71-86.

MILLS, E.L., MICHAEL, V.P., SHERMAN, R.E., CULVER, T.B., 1989. Interrelationships between prey body size and growth of age-0 yellow perch. Trans. Amer. Fish. Soc. 118, 1-10.

MINNER, G.J., STEIN, R.A., 1993. Interactive influence of turbidity and light on larval bluegill (*Lepomis macrochirus*) foraging. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50, 781-788.

MORGAN, R.I.G., 1974. The energy requirements of trout and perch populations in Loch Leven, Kinross. Proc. Roy. Soc. Edinb. B. 74, 333-345.

MORRISON, W.R., SMITH, L.M., 1964. Preparation of fatty acid methyl esters and dimethylacetals from lipids with boron fluoride-methanol. J. Lipid Res. 5, 600-608.

MOULISH, M., 1989. Peuplements ichtyologiques des lacs du Moyen-Atlas marocain région d'Azrou. Cybium 13, 13-24.

MUNTZ, W.R.A., 1975. Behavioural studies of vision in a fish and possible relationship to environment. *In* : vision in fishes, New approaches in research, ALI, M.A. (ed)., p 707-717. Plenum Press, N. Y., London.

MURRAY, M.W., ANDREW, J.W., LOACH, H.L., 1977. Effects of dietary lipides, dietary protein and environmental températures on growth, feed conversion and body composition of channel catfish. J. Nutr. 107, 272-280.

NEMATIPOUR, G.R., GATLIN, D.M., 1993. Requirement of hybrid striped bass for dietary highly unsaturated fatty acids. J. Nutrition 123, 744-753.

O'BRIEN, W. J., 1979. The predation-prey interaction of planktivorous fish and zooplankton. Amer. Scientist. 67, 572-581.

OUNAÏS-GUSCHEMANN, N., 1989. Définition d'un modèle d'élevage larvaire intensif pour la dorade *Sparus auratus* . Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille II, France, 183 pp.

PARENT, J.P., BOUCHE, G., VELLAS, F., 1976. Effet du réchauffement artificiel des eaux sur quelques paramètres physiologiques de deux Téléostéens d'eau douce le gardon et la perche. Cah. Lab. Hydrobiol. Montereau. 3, 5-14.

PARENT, J.P., FERRONI, J.M., BAU, F., VELLAS, F., 1993a. Variations quantitatives des protéines, lipides et cendres somatiques chez le gardon capturé, à différentes saisons dans une retenue mésotrophe. *In* : Fish nutrition in practice. p 307-312. KAUSHIK, S.J., LUQUET, P.(eds)., INRA , 972 pp.

PARENT, J.P., FERRONI, J.M., ESCORIHUELA, D., VELLAS, F., 1993b. Teneurs en acides aminés du soma, à différentes saisons, chez deux espèces sauvages : la perche (Perca fluviatilis) et le gardon (*Rutilus rutilus*).*In* : Fish nutrition in practice. p 313-318.. KAUSHIK, S.J., LUQUET, P.(eds)., INRA , 972 pp.

PASZKOWSKI, C.A., TONN, W.M., 1994. Effects of prey size, abundance and population structure on piscivory by yellow perch. Trans. Amer. fish. Soc., 123, 855-865.

PERRONE, S.J., MEADE, T.L., 1977. Protective effect of chloride on nitrite toxicity to coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*). J. Fish. Res. Board. Can. 34, 486-492.

PERSSON, L., 1983. Effects of intra-and interspecific competition on dynamics and size structure of a perch *Perca fluviatilis* and roach *Rutilis rutilis* population. Oikos 41, 126-132.

POPOVA, O.A., SYTINA, L. A., 1977. Food and feeding relations of Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) and pike perch (*Stizostedion lucioperca*) in various waters of the USSR. J. Fish. Res. Board. Can. 34, 1559-1570.

PORRELLO, S., ANDALORO, F., VOVONA, P., MARINO, G., 1993. Rearing trial of *Seriola dumerili* in floating cage. *In* : Production, environment and quality, BARNABÉ, G., KESTEMONT, P. (eds)., p 299-307. European Aquaculture Society. Spec. Publ. N° 18, Ghent, Belgium, 587 pp.

POST, J.R., EVANS, D.O., 1989. Experimental evidence of size-dependent predation mortality in juvenile yellow perch. Can. J. Zool. 67, 521-523.

POURRIOT, R., FRANCEZ, A.J., 1986. Introduction pratique à la systèmatique des organismes des eaux continentales françaises. Bull. Soc. Linn. Lyon 55ème année, 5, 37 pp.

POXTON, M.G., ALLOUSE, S.B., 1987. Cyclical fluctuations in ammonia and nitrite-nitrogen resulting from the feeding of turbot, *Scophthalmus maximus* (L), in recirculating systems. Aquacult. Eng. 6, 301-322.

PYCHA, R.L., SMITH, L.L.JR., 1955. Early life history of the yellow perch, *Perca flavescens* (Mitchill) in the red lakes Minnesota. Trans. Amer. Fish. Soc. 84, 249-260.

QIN, J., CULVER, D.A., 1992. The survival and growth of larval walleye, *Stizostedion vitreum*, and trophic dynamics in fertilized ponds. Aquaculture. 108, 257-276.

RADÜNZ-NETO, M.J., 1993. Détermination des besoins nutritionnels en acides gras essentiels chez les larves de carpe (*Cyprinus carpio* L). Thèse de l'Université Bordeaux I, France, 121 pp.

RAISSANEN, G.A., APPLEGATE, R.L., 1983. Selection of live food by captive yellow perch larvae. Prog. Fish. Cult. 45, 172-174.

REINITZ, G., AUSTIN, R., 1980. Experimental diets for intensive of culture yellow perch. Prog. Fish-Culturist 42, 29-31.

RIBI, G., 1992. Perch larvae (*Perca fluviatilis*) survive better in dilute sea water. Aquat. Sci. 54, 85-90.

RODIER, J., 1984. Analyse de l'eau. 7ème Edition, Ed. Dunod, 365 pp.

RONZANI-CERQUEIRA, V., 1986. L'élevage larvaire intensif du loup, *Dicentrarchus labrax* Influence de la lumière, de la densité en proies et de la température sur l'alimentation, sur le transit digestif et sur les performances zootchniques. Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille II, France. 191 pp.

ROSEMBLUM P.M., BRANDT T.M., MAYES K.B., HUSTON P., 1994. Annual cycles of growth and reproduction in hatchery-reared Florida largemouth bass, *Micropterus salmoids floridanus*, raised on forage or pelleted diets. J. Fish Biol., 44, 1045-1059.

ROUSER, G., FLEICHER, S., YAMAMOTO, A., 1970. Two dimensional their-layer chromatographie separation of polar lipids and determination of phospholipids by phosphorus analysis of spots. Lipids 5, 494-496.

SALEH, K. I., 1984. Recherches sur la nutrition de la carpe (*Cyprinus carpio* L.) . Thèse de Doctorat , I.N.P de Toulouse, France. 124 pp.

SCHNEIDER, J.C., 1973a. Influence of diet and temperature on food consumption and growth by yellow perch, with supplemental observations on the bluegill. Fish. Res. Rep. Mich. Dep. Nat. Resour., 1802, 25 pp.

SCHNEIDER, J.C., 1973b. Rate of food digestion by yellow perch (*Perca Flavescens*) in relation to size of perch, size and type of food, and temperature. Fish. Res. Rep. Mich. Dep. Nat. Resour., 1803, 20 pp.

SCHOTT, E.F., KAYES, T.B., CALBERT, H.E., 1978. Comparative growth of male versus femelle yellow perch fingerlings under controlled environmental conditions. Am. Fish. Soc. Spec. Publ. 11, 181-186.

SHIROTA, A., 197O. Studies on the mouth size of fish larvae. Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish. 36, 353-368.

SIEFERT, R.E., 1972. First food of larval Yellow Perch, White Sucker, Bluegill, Emerald Shiner, and Rainbow Smelt. Tran. Amer. Fish. Soc. 101, 219-225.

SIMONOVIC, P.D., JOVANOVIC, V.N., 1993. Morphology of the eurasian perch (*Perca fluviatilis*) from two different localities of the Danube bassin in Serbia I: Similarities and differences of juveniles. Folia Zoologica 42, 257-268.

SMITH, C., REAY, P., 1991. Cannibalism in teleost fish. Review in Fish Biology and Fisheries 1, 41-64.

SOLER, S., 1993. Démarrage larvaire de la perche (*Perca fluviatilis*) : influence de la richesse en acides gras polyinsaturés des aliments sur la croissance et la survie larvaire. Rapport de stage d'IUT, Lab. Biol. Appl. Nancy. 43 pp.

SOLOMON, D.J., BRAFIELD, A.E., 1972. The energetics of feeding, metabolism and growth of perch (*Perca fluviatilis* L.). J. Anim. Ecol. 41, 699-718.

SPANGLER, G.R., PAYNE, N.R., THORPE, J.E., BYRNE, J.M., REGIER, H.A., CRISTIE, W. J., 1977. Responses of Percids to exploitation. J. Fish. Board. Can. 34, 1983-1988.

SPANOVSKAYA, V.D., GRYGORASH, V.A. 1977. Development and food of age-0 Eurasian perch (*Perca fluviatilis*) in reservoirs near Moscow, USSR. J. Fish Res. Board Can. 34, 1551-1558.

SWIFT, D.R., PICKFORD, G.E., 1965. Seasonal variations in the hormonal content of the pituitary gland of the perch *Perca fluviatilis* L. Gen. comp. Endocrinol. 5, 354-365.

TAMAZOUZT, L., CAPDEVILLE, B., FONTAINE, P., TERVER, D., GEORGES, A., 1993a. Growth of perch *Perca fluviatilis* fed on a formulated diet reared in two culture systems : closed circuit and floating cage. *In* : From discovery to commercialisation (Abstacts). KESTEMONT, P. and BILLARD, R. (eds)., p 272. European Aquaculture Society, Spe. Publ. N° 20, Oostend, Belgium. 632 pp.

TAMAZOUZT, L., DUBOIS, J.P., FONTAINE, P., 1993b. Production et marché actuels de la perche (*Perca fluviatilis*) en Europe. Pisci. Franç. 114, 4-8.

TAMAZOUZT, L., FONTAINE P., TERVER D., 1994. Décalage de la période de reproduction de la perche commune (*Perca fluviatilis* L) en eau recyclée. Ichtyophysiologica Acta 17, 29-40.

TAMAZOUZT, L., CAPDEVILLE, B., 1994. Sevrage et variabilité interspécifique de la croissance des juvéniles *Perca fluviatilis* et *Micropterus salmoides* en milieu contrôlé, *In* : Measures for success (Abstracts), MUIR, J., SEVILLA, F. (eds)., p 174-175. European. Aquaculture. Society, Spéc. Publ. 21, Oostend, Belgium, 352 pp.

TANASICHUK, R.W., MACKAY, W.C., 1989. Quantitative and qualitative characteristics of somatic and gonadal growth of yellow perch *Perca flavescens*, from lac Ste. Anne, Alberta. Can. J. Aquat. Sci. 46, 989-994.

TERVER, D., 1979. Techniques aquariologiques et élevages aquatiques. Applications à un aquarium-vivier en PVC cellulaire. Revue. Fran. Aquariol. 6, 17-22.

THORPE, J. E., 1974 . Trout and perch populations at Loch Leven, Kinross. Proc. Roy. Soc . Edinb. B., 74, 295-313.

THORPE, J. E., 1977a. Daily ration of adulte perch, *Perca fluviatilis* L. during summer in Loch Leven, Scotland. J. Fish. Biol. 11, 55-68.

THORPE, J. E., 1977b. Synopsis of biological data on the Perch *Perca fluviatilis* L. 1758 and *Perca flavescens* Mitchell, 1814. FAO Fisheries synopsis. no 113, 139 pp.

THORPE, J.E., WANKOWSKI, J.W.J., 1979. Feed presentation and food particle size for juvenile Atlantic salmon, *Salmo salar* L. *In* : Finfish nutrition and Fishfeed Technology 1, HALVER, J.E., TIEWS, K. (eds), p 501-513.

THURSTON, R.V., PHILLIPS, G.R., RUSSO, R.C., HINKINS, S.M., 1981. Increasing toxicity of ammonia to rainbow trout (*Salmo gairdneri*) resulting from reduced concentrations of dissolved oxygen. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 38, 983-988.

TREASURER, J.W., 1981. Some aspects of the reproductive biology of perch *Perca fluviatilis* L. fecundity, maturation and spawning behaviour. J. Fish Biol. 18, 729-740.

TREASURER, J.W., 1983. Estimates of egg and viable embryo production in lacustrine perch, *Perca fluviatilis* . Env. Biol. Fish. 8, 3-16.

TREASURER, J.W., 1989. Mortality and production of 0+ perch, *Perca fluviatilis* L., in two Scottish Lakes. J. Fish Biol. 34, 913-928.

TURNER, C.L., 1919. The seasonal cycle in the spermary of the perch. J. Morphol. 32, 681-711.

VINYARD, G.L., O'BRIEN, W.J., 1976. Effects of light and turbidity on the reactive distance of bluegill sunfish (*Lepomis macrochirus*). J. Fish. Res. Bd. Can. 33, 2845-2849.

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*). Mémoire DEA, ENSAIA, INPL, 53 pp.

WAHL, C.M., MILLS, E.L., MCFARLAND, W.N., DEGISI, J.S., 1993. Ontogenetic changes in prey selection and visual acuity of the yellow perch, *Perca flavescens*. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 50, 743-749.

WANG, N., 1994. On the ecology of age-0 perch (*Perca fluviatilis* L.) in Lake Constance. Ph. D. thesis, University of Constance, Germany, 100 pp.

WANG, N., R. ECKMANN, 1994. Distribution of perch (*Perca fluviatilis*) during their first year of life in lake Constance. Hydrobiologia 277, 135-143.

WANKOWSKI, J.W.J., THORPE. J.E., 1979. The role of food particle size in the growth of juvenile Atlantic salmon (Salmo salar L.). J. Fish. Biol. 14, 351-370.

WEATHERLEY, A.H., 1977. *Perca fluviatilis* in Australia : Zoogeographic expression of life cycle in relation to an environment. J. Fish. Res. Board Can. 34, 1464-1466.

WEBSTER, C.D., TIDWELL, J.H., YANCEY, D.H., 1992. Effect of protein level and feeding frequency on growth and body composition of cage-reared channel catfish. Prog. Fish Culturist 54, 92-96.

WEST, G., 1978. Intensive culture of yellow perch (*Perca flavescens* M.). *In* : Perch fingerling production for aquaculture, SODERBERG, R.W., (ed)., p 41-50. University Wisconsin, Sea Grant Advisory report # 421, 77 pp.

WEST, G., LEONARD, J., 1978. Culture of yellow perch with emphasis on development of eggs and fry. Am. Fish. Soc. Spec. Publ. 11, 172-176.

WINBERG, G.G., 1956. Rate of metabolism and food requirements of fishes. Fish. Res. Board Can. Transl. Ser. No. 194, 253 pp.

WINDELL, J., NORRIS, D.O., KITCHELL, J.F., NORRIS, J.S., 1969. Digestive response of rainbow trout, Salmo gairdneri, to pellet diets. J. Fish. Res. Board Can. 26, 1801-1812.

ZAR, J.H., 1984. Biostatistical analyis-second Edition. Departement of biological Sciences. Northern Illinoes University, 718 pp.

ZELENKOV V.M., 1981. Earl Gametogenesis and sex differentiation in the perch, *Perca fluviatilis*. J. Ichtyol., 12, 124-130.



Nom : TAMAZOUZT

Prénom : Lakhdar

DOCTORAT de l'UNIVERSITE HENRI POINCARE, NANCY-I

en BIOLOGIE DES ORGANISMES

VU, APPROUVÉ ET PERMIS D'IMPRIMER

Nancy, le 20 JUIN 1995 n° 248

Le Président de l'Université

UNIVERSITÉ HENRI POINCARÉ, NANCY 1 ★ LE PRESIDENT

J.P. FINANCE

3C-F9

UNIVERSITÉ HENRI POINCARÉ - NANCY 1
24-30, rue Lionnois B.P.3069 54013 Nancy cedex
Tél : 83 32 81 81 Fax : 83 32 95 90
Adresse électronique : _____ @presn1.u-nancy.fr

ARTIFICIAL FEEDING OF PERCH *Perca fluviatilis* IN CONFINED ENVIRONMENTS (RECIRCULATING WATER, FLOATTING CAGE) : EFFECT ON SURVIVAL, GROWTH, AND BODY COMPOSITION



ABSTRACT

The study on pelleted diet of perch *Perca fluviatilis* reared in controlled environment developes some aquaculture interests of zootechnical performances and finds that :

Larvae accepted an artificial diet during 15 first days after hatching with a maximal survival rate of 26%. At the end of this period, they weighted 2 to 3 mg and lenghted over of 8 mm. During the 10 first days of their life, particle size inferior to 125 μm improved growth and survival rates of larvae. Beyond, no larva could survive without exogenous feeding distribution. Larvae localized better if tank walls were clear and lighting 800 lux.

Previously reared in pond, juveniles adaptation to their new environment defended on feeding type. A transitor feeding on beef liver double survival rate when compare to perch directly fed on dry diet. The later was better accepted after hydration.

2% daily ration was adequate to a favourable growth of perch (20-22 g) reared in closed system at 18-20 °C. However, it enhanced the weight coefficient of variation related to sexual dimorphism, *i.e.*, females grew faster than males.

Feeding levels of 4 and 6% neither improved growth nor body composition but induced water pollution.

In floatting cage, 3% feeding level was more appropriated. Nevertheless, whatever the conditions were, weight gain of perch reared in closed circuit or in floating cage was not significatively different.

In perch reared in cages, gonado-somatic induction was essentielly attributed to variation of temperature. Sexual maturity triggering resulted in a regression of hepato-somatic index and a modification of fish body composition. Perch bred in closed system had a higher triacylglycerol fraction but a lower phospholipid and protein content than the perch raised in cages.

Key-words : *Perca fluviatilis*, artificial diet, larval rearing, growth, weaning, feeding level, body composition, sexual dimorphism, closed system, floatting cage.

L'ALIMENTATION ARTIFICIELLE DE LA PERCHE *Perca fluviatilis* EN MILIEUX CONFINÉS (EAU RECYCLÉE, CAGE FLOTTANTE) : INCIDENCE SUR LA SURVIE, LA CROISSANCE ET LA COMPOSITION CORPORELLE

RÉSUMÉ.

Au cours de cette étude sur l'alimentation artificielle de la perche *Perca fluviatilis* élevée en milieu contrôlé, nous avons précisé l'intérêt aquacole de ses potentialités zootechniques et mis en évidence que :

Les larves acceptent une alimentation composée pendant les 15 premiers jours de leur vie avec un taux de survie maximal de 26%. Au terme de cette phase, elles pèsent entre 2 et 3 mg et mesurent plus de 8 mm.

Pendant les 10 jours qui suivent l'éclosion, une distribution des particules alimentaires d'une taille inférieure à 125 μm, améliore les taux de croissance et de survie des larves. Au-delà de cette période, aucune larve ne survit sans apport de nourriture exogène.

Ces aliments semblent mieux détectés dans des bassins à parois internes claires et sous un éclairage de 800 lux.

Pour les juvéniles préalablement élevés en étang, l'adaptation à leur nouveau milieu est intimement liée à la nature de l'alimentation. Une phase transitoire à base de foie de boeuf haché double le taux de survie de ces perches par rapport à un passage direct à l'aliment artificiel. Préalablement réhydraté, ce dernier induit également une meilleure croissance pondérale. Une ration journalière de 2% du poids vif convient pour une bonne croissance des perches (20-22g) élevées à 18-20 °C en circuit fermé; elle engendre cependant une élevation du coefficient de variation pondéral, lui-même lié au dimorphisme sexuel. Des taux de rationnement de 4 et 6% n'améliorent ni la croissance, ni la composition corporelle des perches. Ils induisent de surcroît une pollution du milieu.

En cage flottante, une ration de 3% semble plus appropriée. Quoi qu'il en soit, les gains de poids des perches élevées en circuit fermé ou en cages flottantes ne sont pas significativement différents. Chez les perches élevées en cages, l'induction gonadosomatique est essentiellement attribuée à la variation de température. Le déclenchement de la maturité sexuelle provoque une involution des indices hépatosomatiques et modifie la composition corporelle. Les perches élevées en circuit fermé sont plus riches en triglycérides et plus pauvres en phospholipides et en protéines que celles issues des cages.

Mots-clés : *Perca fluviatilis*, aliment artificiel, élevage larvaire, grossissement, sevrage, rationnement, composition corporelle, dimorphisme sexuel, circuit fermé, cage flottante