

N° 88

F2

L'ALIMENTATION ARTIFICIELLE D'UN
SILURE AFRICAIN, *HETEROBRANCHUS*
LONGIFILIS (TELEOSTEI : CLARIIDAE)
INCIDENCE DU MODE D'ALIMENTATION
ET PREMIÈRE ESTIMATION
DES BESOINS NUTRITIONNELS

Nanthawat KERDCHUEN

THESE de DOCTORAT de l'UNIVERSITE PARIS 6

Spécialité: Océanologie Biologique

présentée
par

Nanthawat KERDCHUEN

pour obtenir le titre de DOCTEUR DE L'UNIVERSITE PARIS 6

L'ALIMENTATION ARTIFICIELLE D'UN SILURE AFRICAIN, *HETEROBRANCHUS LONGIFILIS* (TELEOSTEI: CLARIIDAE): INCIDENCE DU MODE D'ALIMENTATION ET PREMIERE ESTIMATION DES BESOINS NUTRITIONNELS

soutenue le 18 mars 1992 devant le jury composé de:

M. P. NIVAL, Professeur, Université Paris 6

M. P. LUQUET, Directeur de Recherche, INRA/ORSTOM, Abidjan

M. M. PASCAUD, Professeur, Université Paris 6

M. M. LEGENDRE, Chargé de Recherche, ORSTOM, Montpellier

M. J. LEMOALLE, Directeur de Recherche, ORSTOM, Montpellier

Président

Rapporteur

Rapporteur

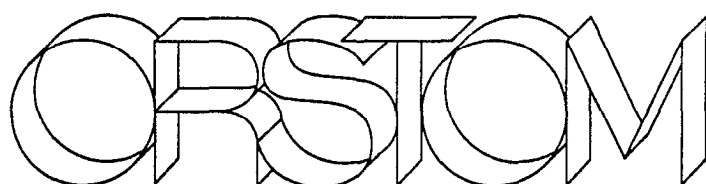
Examineur

Examineur

15 JUL 1992

ORSTOM Fonds Documentaire
N° 35.612 tp 2
Cote A

TDM 88



Editions de l'ORSTOM

L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Collection :

Travaux et Documents Microédités

PARIS 1992

ISBN : 2-7099-1103-5

© ORSTOM

F 2

«La loi du 11 mars 1957 n'autorisant, aux termes des alinéas 2
« et 3 de l'article 41, d'une part, que les «copies ou reproductions
« strictement réservées à l'usage privé du copiste et non des-
« tinées à une utilisation collective» et, d'autre part, que les
« analyses et les courtes citations dans un but d'exemple et
« d'illustration, «toute représentation ou reproduction intégrale,
« ou partielle, faite sans le consentement de l'auteur ou de ses
« ayants droit ou ayants cause, est illicite» (alinéa 1er de l'article 40).

« Cette représentation ou reproduction, par quelque procédé
« que ce soit, constituerait donc une contrefaçon sanctionnée par
« les articles 425 et suivants du Code pénal.»

A mon père

A ma mère

A mes frères

A mes soeurs

qui m'ont soutenu inconditionnellement tout au long de ce travail.

AVANT PROPOS

Ce travail a été réalisé, sous la conduite de M. Marc LEGENDRE, au sein de l'équipe Aquaculture, dans le cadre des travaux sur l'aquaculture lagunaire menés en Côte-Ivoire par le Centre de Recherches Océanologiques (CRO) d'Abidjan en collaboration avec l'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération (ORSTOM).

Toutes les manipulations de terrain et de laboratoire ont été effectuées au Centre de Recherches Océanologiques d'Abidjan et à la station d'aquaculture expérimentale de Layo (située au bord de lagune Ebrié, à environ 40 km à l'ouest d'Abidjan), du mois d'avril 1988 jusqu'au mois d'août 1990. Le traitement des données et la rédaction de cette thèse ont été réalisés au laboratoire d'Hydrobiologie et Océanographie Tropicales, Centre ORSTOM de Montpellier.

Les financements de cette étude ont été apportés par l'Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération, le Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Education Nationale de Côte-d'Ivoire et le Groupement de Coopération Scientifique "Bases Biologiques de l'Aquaculture".

La bourse accordée par le gouvernement Français a permis à l'auteur de conduire ce travail jusqu'à son terme dans de bonnes conditions.

REMERCIEMENTS

A l'issue de ce travail, ma reconnaissance va à tous ceux qui, en Thaïlande, en France et en Côte-d'Ivoire, ont contribué de près ou de loin à sa réalisation.

Je tiens tout d'abord à remercier Monsieur Paul NIVAL, Professeur à l'Université Paris 6, d'avoir accepté de m'inscrire dans son laboratoire et d'avoir montré un intérêt constant pour mon travail. Qu'il trouve ici l'expression de ma profonde gratitude.

Je suis très reconnaissant à Monsieur Jacques LEMOALLE, Directeur de Recherche à l'ORSTOM de m'avoir accueilli dans son Unité de Recherches. Sa confiance dès le début, ses encouragements permanents et ses précieux conseils ont été pour moi autant de sources de motivation pour l'élaboration et l'achèvement de cette étude.

Monsieur Marc PASCAUD, Professeur à l'Université Paris 6, a accepté de participer de très près à l'évaluation de ce travail et j'en suis particulièrement honoré.

Que Monsieur Pierre LUQUET, Directeur de Recherche INRA/ORSTOM, trouve ici l'expression de toute mon admiration et de ma profonde reconnaissance pour l'intérêt et l'aide qu'il a manifestés. C'est un grand honneur pour moi que d'être jugé par un spécialiste aussi éminent de la Nutrition des Poissons.

Je dois une gratitude spéciale à Monsieur Marc LEGENDRE, Chargé de Recherche à l'ORSTOM et promoteur de *Heterobranchus longifilis* en tant que poisson d'élevage. Il m'a sans cesse fait profiter de sa grande expérience et de ses connaissances. Qu'il trouve ici l'expression de ma très vive et sincère gratitude pour sa confiance, ses encouragements chaleureux, ses conseils scientifiques et ses critiques constructives ainsi que pour le temps précieux qu'il a consacré à l'orientation et à la correction du présent travail.

Je tiens à remercier chaleureusement Messieurs F. X. BARD, J. B. AMON KOTHIAS, S. HEM et A. CISSE, qui ont contribué au bon déroulement de mon séjour ivoirien et mis à ma disposition les moyens matériels indispensables.

J'ai eu beaucoup de plaisir à travailler avec Monsieur Jacques SLEMBROUCK. Qu'il trouve ici l'expression de mes vifs remerciements pour l'aide apportée et pour sa bonne humeur toujours présente.

Tout au long de ce travail, j'ai bénéficié de l'appui de nombreux scientifiques. Je tiens à remercier tout particulièrement Pascal BACH, Pierre BERGOT, Geneviève CORRAZE, Francis LALOE, Yann MOREAU, Lucien SAINT-JEAN et Monique SIMIER.

Mes remerciements s'adressent également à Monsieur Kouakou KOUASSI et à l'ensemble du personnel de la station d'aquaculture expérimentale de Layo qui ont contribué de manière significative à la réalisation pratique de ce travail.

J'associe à mes remerciements Madame J. CORRE pour son aide précieuse concernant divers petits problèmes administratifs.

Enfin, je n'oublierai pas de remercier tous mes amis Thaï et Français qui ont contribué par leur soutien, leur sympathie et leur encouragement, à la réalisation de ce travail. Avec une pensée particulière pour Karine DELAUNAY, Alain HERVE, Patrick LAMBERT, Thierry LE SIGNOR, Orawan NINLAGARN, Jacques PANFILI, Olivier PICARD, Chorgern PRAPAMONGKOL, Pongsant SRIJANTH, Thippawal SRIJANTH, Suwattana TASUKONTH, Supat TRAKUL, Panvatee VIJITTHANASARN, Pierre VILBOIS, Uruya WEESAKUL et Somkiat WORAPANYAANUN.

**ARTIFICIAL FEEDING OF AN AFRICAN CATFISH,
HETEROBRANCHUS LONGIFILIS (TELEOSTEI: CLARIIDAE):
 EFFECT OF FEEDING REGIME AND FIRST ESTIMATION
 OF NUTRIENT REQUIREMENTS**

ABSTRACT

The optimum feeding conditions and the nutrient requirements of an African catfish, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei: Clariidae), at different rearing stages were investigated.

The comparative trials on larval rearing indicated that fish fed either zooplankton (*Moina*, notably) or a compound diet based upon yeast powder and beef liver as first food gave high survival rate as well as *Artemia*-fed group, but the growth rate was lower than the latter. The growth rate was improved when the fish received compound diets supplemented with palm oil or a mixture of palm oil and cod liver oil. Larvae appeared to require fatty acids from both the n-3 and n-6 families, though the proper ratio between the two appeared to be 0.2 - 0.5 with 0.5 - 1.0 % of n-3 in the diet.

The studies on the presentation of feed and the method of feeding of juveniles revealed that fish fed pelleted feed had higher growth rate and better food conversion ratio (FCR) than those fed ground meal. The growth rate and the FCR were also improved with feeding frequency and was better in fish fed continuously than those receiving the feeding ration in separate meals. Fish fed during the night had higher growth rate than those fed during day time. The dietary protein requirements of *H. longifilis* juveniles seemed high (42 % with a digestible energy of 1.63 g/100g) and appeared to be related with its feeding habit, omnivores which tend towards animal food. A methodological approach for adaptation of fish in the experimental tanks with restricted volume was also studied. The results showed that the highest stocking densities (333 or 555 individuals per m³) led to an inhibition of aggressive behaviour and the mortality rate remained null or very low.

Keywords: *Heterobranchus longifilis*, Clariidae, feeding regime, growth rate, nutrient requirements, aquaculture, tropical environment, Africa.

TABLE DES MATIERES

pages

AVANT PROPOS.....	5
REMERCIEMENTS	7
ABSTRACT	9
INTRODUCTION GENERALE.....	17

**PREMIERE PARTIE
PRESENTATION GENERALE**

CHAPITRE I : PRESENTATION DE L'ESPECE (<i>HETEROBRANCHUS LONGIFILIS</i>)...	23
1.1. Généralités	
1.2. <i>H. longifilis</i> en condition d'élevage	26
CHAPITRE II : CONDITIONS D'EXPERIMENTATIONS	29
2.1. Site d'élevage	
2.2. Origine des poissons	33
2.3. Structures d'élevage	
2.4. Composition et fabrication des aliments expérimentaux	35
2.5. Analyses chimiques des aliments et de la composition corporelle	37
2.5. Variables et paramètres étudiés	39
2.6. Traitement des données	40

**DEUXIEME PARTIE
ALIMENTATION LARVAIRE**

CHAPITRE III : COMPARAISON DE DIFFERENTES OPTIONS D'ALIMENTATION DES LARVES EN MILIEU CONTROLE.....	43
3.1. Introduction	
3.2. Matériel et méthodes	45
3.2.1. Conditions expérimentales	
3.2.2. Alimentation	46
3.2.3. Echantillonnage et méthodes d'analyses	47
3.3. Résultats	48
3.4. Discussion et conclusion	51
CHAPITRE IV : INFLUENCE DES LIPIDES ALIMENTAIRES SUR LA CROISSANCE ET LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES LARVES ET ALEVINS	53
4.1. Introduction	
4.2. Matériel et méthodes	54
4.2.1. Conditions expérimentales	
4.2.2. Alimentation	55
4.2.3. Echantillonnage et méthodes d'analyses	58
4.3. Résultats	60
4.3.1. Expérience 1	
4.3.1.1. Survie et croissance	
4.3.1.2. Composition en acides gras	64
4.3.2. Expérience 2	68
4.3.2.1. Survie et croissance	

4.3.2.2. Composition en acides gras	70
4.4. Discussion et conclusion	75

TROISIEME PARTIE MODALITES DE PRESENTATION ET DE DISTRIBUTION DES ALIMENTS AUX JUVENILES

CHAPITRE V : ETUDE DE LA RATION ALIMENTAIRE.....	81
5.1. Introduction	
5.2. Matériel et méthodes	82
5.2.1. Conditions expérimentales	
5.2.2. Echantillonnage et méthodes d'analyses	83
5.3. Résultats	84
5.3.1. Survie et croissance.....	
5.3.2. Indice de consommation et efficacité des protéines alimentaires	88
5.3.3. Compositions corporelles.....	
5.4. Discussion et conclusion	89
CHAPITRE VI : INCIDENCE DU MODE DE PRESENTATION DE L'ALIMENT.....	93
6.1. Introduction	
6.2. Matériel et méthodes	94
6.2.1. Conditions expérimentales	
6.2.2. Alimentation	
6.2.3. Echantillonnage et méthodes d'analyses	95
6.3. Résultats	96
6.3.1. Survie, croissance et indice de consommation.....	
6.3.2. Compositions corporelles.....	99
6.4. Discussion et conclusion	
CHAPITRE VII : INFLUENCE DE LA FREQUENCE ET DE LA PERIODE DE NOURRISSAGE	103
7.1. Introduction	
7.2. Matériel et méthodes	104
7.2.1. Conditions expérimentales	
7.2.2. Echantillonnage et méthodes d'analyses	106
7.3. Résultats	107
7.3.1. Survie, croissance et indice de consommation.....	
7.3.2. Rapports hépatosomatique et adiposomatique	110
7.3.3. Compositions corporelles.....	
7.4. Discussion et conclusion	113

QUATRIEME PARTIE BESOINS PROTEINO-ENERGETIQUES

CHAPITRE VIII : ETUDE DU RAPPORT PROTEINO-ENERGETIQUE DANS L'ALIMENTATION DES JUVENILES EN PHASE DE PREGROSSISSEMENT	119
8.1. Introduction	
8.2. Matériel et méthodes	122
8.2.1. Conditions expérimentales	
8.2.2. Alimentation	
8.2.3. Echantillonnage et méthodes d'analyses	124
8.3. Résultats	
8.3.1. Survie et croissance.....	
8.3.2. Indice de consommation	127
8.3.3. Efficacité des protéines alimentaires.....	128
8.3.4. Compositions corporelles.....	130
8.4. Discussion et conclusion	132

CHAPITRE IX : ETUDE DU RAPPORT PROTEINO-ENERGETIQUE DANS L'ALIMENTATION DES JUVENILES EN PHASE DE GROSSISSEMENT	135
9.1. Introduction	
9.2. Matériel et méthodes	136
9.2.1. Conditions expérimentales	
9.2.2. Alimentation	137
9.2.3. Echantillonnage et méthodes d'analyses	139
9.3. Résultats	140
9.3.1. Expérience 1	
9.3.1.1. <i>Survie et croissance</i>	
9.3.1.2. <i>Indice de consommation</i>	142
9.3.1.3. <i>Efficacité des protéines alimentaires</i>	
9.3.1.4. <i>Compositions corporelles</i>	
9.3.2. Expérience 2	143
9.3.2.1. <i>Survie et croissance</i>	
9.3.2.2. <i>Indice de consommation</i>	146
9.3.2.3. <i>Efficacité des protéines alimentaires</i>	
9.3.2.4. <i>Compositions corporelles</i>	
9.4. Discussion et conclusion	148

CINQUIEME PARTIE APPROCHE METHODOLOGIQUE POUR UNE ETUDE DE DIGESTIBILITE

CHAPITRE X : ADAPTATION DES POISSONS AUX STRUCTURES D'EXPERIMENTATION	155
10.1. Introduction	
10.2. Matériel et méthodes	156
10.3. Résultats	158
10.4. Discussion et conclusion	161
 CONCLUSION GENERALE.....	165
 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	171

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Dans de nombreux Pays en Voie de Développement (PVD), les produits aquatiques, et plus particulièrement les poissons, représentent la principale source de protéines animales dans l'alimentation humaine. En Afrique subsaharienne, la production piscicole aurait, selon les statistiques de la FAO, récemment connu une croissance rapide; elle serait passée de 10 079 tonnes en 1986 à 33 721 tonnes en 1989, année pour laquelle on observe une prédominance des cichlidés avec 14 449 tonnes, soit 43 %, suivis des clariidés (10 117 tonnes soit 30 %), puis des cyprinidés et des autres poissons (FAO, 1991).

En Côte-d'Ivoire, l'aquaculture est apparue comme une nouvelle forme possible de valorisation du vaste système lagunaire (près de 1 300 km²) dont ce pays dispose et comme l'un des moyens de satisfaire un marché fortement demandeur avec la proximité de l'agglomération abidjanaise (Legendre, 1991). Les premiers essais de pisciculture dans ces lagunes ont été réalisés il y a une quinzaine d'années avec, d'une part, une espèce allochtone *Oreochromis niloticus* (Magnet et Kouassi, 1978 et 1979) et, d'autre part, avec des espèces autochtones (Dia, 1982; Hem, 1982).

Sur la base des connaissances acquises sur les milieux lagunaires (Durand et Skubich, 1982; Dufour *et al.*, 1991) et en particulier sur leur ichtyofaune (Albaret, 1991), le Centre de Recherches Océanologiques (CRO) d'Abidjan a d'emblée pris l'option d'identifier les espèces autochtones présentant un intérêt potentiel pour l'aquaculture et de maîtriser la filière d'élevage des espèces sélectionnées (Legendre et Albaret, 1984; Dia *et al.*, 1985). Parmi les poissons sélectionnés, cinq espèces ont été choisies pour faire l'objet d'études approfondies visant à la maîtrise, puis à l'optimisation, de la filière d'élevage: le bagridé *Chrysichthys nigrodigitatus*, les cichlidés *Sarotherodon melanotheron* et *Tilapia guineensis*, le clariidé *Heterobranchus longifilis* et le carangidé *Trachinotus teraia* (Dia *et al.*, 1985; Hem *et al.*, 1991). En l'état actuel, différentes filières d'élevage ont été proposées pour *C. nigrodigitatus*, *H. longifilis* et *S. melanotheron*. Pour les deux dernières espèces, l'élevage est encore au stade expérimental ou de validation en vraie grandeur, alors que l'élevage de *C. nigrodigitatus* est pratiqué à l'échelle industrielle en lagune Ebrié avec

une production d'environ 300 tonnes en 1991. Les travaux de recherches effectués et les filières d'élevage développées sur ces espèces sont présentés par Hem *et al.* (1991) et par Legendre (1991). Pour *T. teraia*, bien que ce poisson montre une bonne croissance en élevage en milieu lagunaire, le problème de l'approvisionnement en juvéniles reste encore à résoudre (Trebaol, 1991).

Le clariidé, *H. longifilis*, est un poisson apprécié par la grande majorité des consommateurs ivoiriens (Legendre, 1989) et son remarquable potentiel aquacole, révélé par les travaux conduits au CRO d'Abidjan (Legendre, 1983, 1986a, 1987 et 1991; Hem *et al.*, 1991; Legendre *et al.*, 1992), a déjà suscité un grand intérêt auprès des autorités de développement. Sa croissance très rapide et son aptitude à transformer efficacement les aliments composés en font une espèce de choix pour une pisciculture de type intensif. Les techniques de reproduction induite et de fécondation artificielle qui ont été développées autorisent une production simultanée de centaines de milliers de larves à partir d'un nombre restreint de géniteurs et cela tout au long de l'année. La filière d'élevage, en trois phases classiques - alevinage, prégrossissement et grossissement - ne présente plus à l'heure actuelle de point de blocage (Legendre, 1991). Durant la phase d'alevinage, l'utilisation des nauplii d'*Artemia* comme premier aliment procure de bons résultats de croissance et de survie. Au cours du prégrossissement et du grossissement, une croissance rapide et une bonne transformation de l'aliment sont obtenues avec un aliment composé à 35 % de protéines brutes, utilisé habituellement pour *C. nigrodigitatus*.

Bien que les techniques de base de l'élevage de *H. longifilis*, depuis le stade larvaire jusqu'à la taille marchande, soient maîtrisées, l'acquisition de connaissances précises sur la nutrition et l'alimentation de cette espèce est encore nécessaire pour permettre une optimisation des performances de croissance et une diminution des coûts de production. Ces données font encore défaut pour un développement efficace de l'élevage de type intensif qui a été adopté, dans lequel la production des poissons est conditionnée tout au long du cycle d'élevage à l'apport d'aliments exogènes. Le niveau de rentabilité économique de ces élevages est donc dépendant de la mise au point d'une formule alimentaire à moindre coût à partir des produits et sous-produits agro-industriel disponibles localement, et d'une méthodologie de nourrissage bien adaptée à l'espèce élevée.

Jusqu'à présent, aucune étude approfondie sur l'alimentation et l'identification des besoins nutritionnels de *H. longifilis* n'a été réalisée. Les procédures d'alimentation et les types d'aliments utilisés aux différents stades de l'élevage se sont jusqu'ici basés sur les données acquises chez d'autres siluriformes: *Chrysichthys nigrodigitatus* (Hem *et al.*, 1991), *Clarias gariepinus* (Hogendoorn, 1983) et *Ictalurus punctatus* (Robinson et Lovell,

1984). Il est toutefois possible que ces modalités d'alimentation ne soient pas les plus adaptées aux exigences particulières de *H. longifilis* et à l'expression de son potentiel de croissance.

La présente étude s'inscrit donc dans une approche de l'ensemble des "problèmes" d'alimentation de *H. longifilis* en fonction du développement des poissons correspondant aux différents stades de l'élevage: la phase d'alevinage (entre 2 et 200 mg), la phase de prégrossissement (entre 0,2 et 50 g) et la phase de grossissement (entre 50 et 250 g). Ses objectifs sont l'approfondissement des connaissances relatives aux besoins nutritionnels de l'espèce, en comparaison avec ceux des autres siluriformes. Sur le plan pratique, des possibilités d'amélioration pourront apparaître en ce qui concerne la croissance des larves et juvéniles en milieu d'élevage, par l'optimisation de l'alimentation.

Ce travail est développé selon le plan suivant:

Partie I: Présentation générale de l'espèce étudiée (répartition géographique, régime alimentaire, essais d'élevage). Site et conditions d'expérimentations.

Partie II: Alimentation larvaire. Identification d'un type d'aliment (naturel et/ou artificiel) qui, permettant une bonne croissance et une bonne survie, pourrait se substituer à l'*Artemia*. Amélioration de la croissance des larves par l'emploi de certains lipides alimentaires.

Partie III: Modalités de présentation et de distribution des aliments aux juvéniles. Intérêt de la granulation des aliments, ration alimentaire, fréquence et période de nourrissage.

Partie IV: Besoins nutritionnels. Rapport protéino-énergétique dans l'alimentation des juvéniles.

Partie V: Approche méthodologique pour une étude de digestibilité. Adaptation des poissons aux structures d'expérimentation.

PREMIERE PARTIE

PRESENTATION GENERALE

CHAPITRE I: PRESENTATION DE L'ESPECE (*HETEROBRANCHUS LONGIFILIS*)

CHAPITRE II: CONDITIONS D'EXPERIMENTATIONS

CHAPITRE I

PRESENTATION DE L'ESPECE (*HETEROBRANCHUS LONGIFILIS*)

1.1. GENERALITES

Le silure, *Heterobranchus*, appartient à l'Ordre des Siluriformes et à la famille des Clariidae (Lévêque et Paugy, 1984). Cette famille comporte deux genres essentiels, *Clarias* et *Heterobranchus*, qui présentent un grand intérêt pour la pisciculture (le genre *Clarias* en Asie et Afrique, et le genre *Heterobranchus* en Afrique exclusivement). Le genre *Heterobranchus* se différencie du genre *Clarias* par l'existence d'une nageoire adipeuse bien développée entre la nageoire dorsale et la nageoire caudale. D'après Teugels *et al.* (1990), quatre espèces du genre *Heterobranchus* sont identifiées:

- *Heterobranchus bidorsalis* Geoffroy-Saint-Hilaire, 1809
- *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840
- *Heterobranchus isopterus* Bleeker, 1863
- *Heterobranchus boulengeri* Pellegrin, 1922

Heterobranchus longifilis, qui nous intéresse ici (*fig. 1.1*), est un poisson de grande taille, à corps dépourvu d'écailles, relativement allongé; avec une nageoire dorsale ayant 26 à 35 rayons, suivie par une nageoire adipeuse bien développée, une nageoire anale à 42-52 rayons; une tête large munie de postorbitaires et de suprapréopercules bien développés et jointifs; des dents villiformes aux mâchoires et sur le vomer; un oeil petit à bord libre; 4 paires de barbillons allongés et des organes suprabranchiaux arborescents volumineux (Daget et Iltis, 1965; Daget et Durand, 1981; Lévêque et Paugy, 1982; Teugels

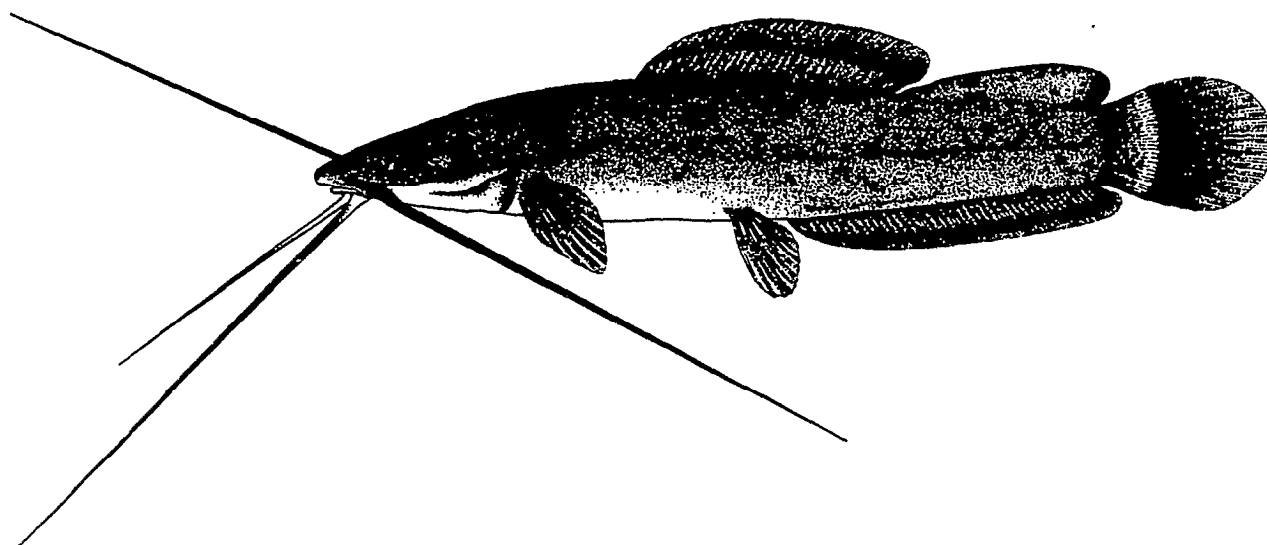


Figure 1.1. - Un spécimen de *Heterobranchus longifilis*, 201 mm de longueur totale, capturé dans le fleuve Lualaba à Kindu, Zaïre (In: Teugels *et al.*, 1990).

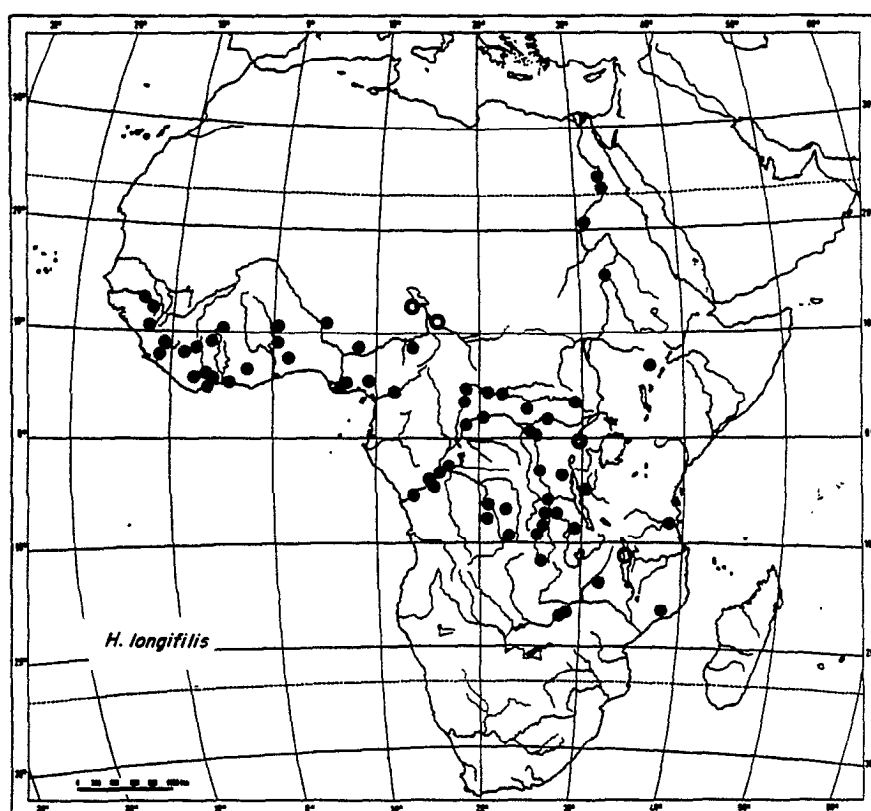


Figure 1.2. - Répartition géographique de *Heterobranchus longifilis* (In: Teugels *et al.*, 1990).

et al., 1990). Ces organes lui permettent de respirer l'air atmosphérique quand il se trouve en milieu désoxygéné ou durant une période d'assèchement.

H. longifilis se distingue des autres espèces du genre par la largeur des plaques dentaires vomérienne et pré-maxillaire, par la tache postérieure noirâtre de la nageoire adipeuse et la bande claire située à la base de la nageoire caudale (Teugels *et al.*, 1990).

Le plus gros spécimen de *H. longifilis* capturé, dans l'Oubangui, a une taille de 1 500 mm correspondant approximativement à un poids de 30 kg (Micha, 1973). D'après Daget et Iltis (1965), la taille maximale observée dans le bassin du Niger est de 810 mm de longueur standard soit 930 mm de longueur totale pour un poids de 6 400 g. Au lac Kariba, Frank (1974) signale également la capture d'un spécimen de 1 170 mm de longueur standard.

- Répartition géographique

L'aire de répartition de *Heterobranchus longifilis* est très vaste en Afrique (fig. 1.2). D'après Teugels *et al.* (1990), cette espèce est connue de la plupart des fleuves et bassins fluviaux de l'Afrique inter-tropicale: le Nil, le bassin tchadien, le Niger, la Volta, la Gambie et dans plusieurs petits bassins côtiers de l'Afrique de l'Ouest de la Guinée au Sanaga (Cameroun), le bassin du Zaïre, le lac Edward et Tanganyika, le fleuve Zambèze, les lacs Kariba et Malawi, le fleuve Shire et les fleuves Pungwe et Buzi.

En Côte d'Ivoire, cette espèce a été signalée dans la plupart des bassins, ainsi qu'en lagune Ebrié où sa capture reste rare; il s'agit d'une forme continentale qui ne colonise les eaux mixohalines que de façon occasionnelle (Daget et Iltis, 1965; Legendre, 1983).

- Régime alimentaire dans le milieu naturel

Micha (1973) rapporte que les proies dans les contenus stomacaux de *H. longifilis*, capturés dans l'Oubangui (individus compris entre 104 mm et 1 390 mm de longueur totale) sont classés en 6 types: les vers, les insectes aquatiques (essentiellement des larves de chironomides et d'éphémères), les insectes terrestres, les vertébrés constitués essentiellement de poissons et parfois de batraciens, les graines et fruits de végétaux et enfin de végétaux supérieurs. Ceci révèle que ce poisson recherche sa nourriture à la fois sur le fond et en surface. Toutefois, *Heterobranchus* semble montrer une préférence marquée pour les vertébrés et les insectes terrestres ainsi que les insectes aquatiques (tabl. 1.1).

Tableau 1.1. - Régime alimentaire de *Heterobranchus longifilis* dans l'Oubangui (In: Micha, 1973)

Type de proies	% Occurrence	% Nombre
Vers	3,0	1,0
Insectes aquatiques	18,2	42,3
Insectes terrestres	27,3	13,4
Vertébrés	69,7	24,3
Graines et fruits	9,1	19,0
Végétaux supérieurs	9,1	-

L'importance des vertébrés dans l'alimentation de *H. longifilis*, en milieu naturel, indique donc que cette espèce est un poisson omnivore à nette tendance carnassière.

1.2. *H. LONGIFILIS* EN CONDITION D'ELEVAGE

Les premières observations réalisées sur *H. longifilis* en milieu d'élevage, ont été conduites en élevage mixte avec des tilapias en étang (Micha, 1973). Ces observations ont montré que la croissance de cette espèce est très rapide et que ce poisson peut ingérer, en plus des insectes aquatiques présents dans les étangs, toute une série de sous-produits locaux, par exemple: tourteaux de coton, tourteaux d'arachide, déchets d'abattoir, drêche de brasserie,..., distribués pendant la période d'élevage. Cependant, en raison du manque de disponibilité en alevins, des essais d'élevage en monoculture de *H. longifilis* n'ont pu être réalisés. Le clariidé choisi pour la pisciculture en Afrique avait donc été *Clarias gariepinus*, pour lequel les alevins peuvent être obtenus plus facilement que ceux de *H. longifilis* (Micha, comm. pers., In: Legendre, 1983).

En Côte-d'Ivoire, les premiers essais d'élevage de *H. longifilis* ont été menés en association avec des tilapias, en enclos implantés dans la lagune Ebrié (Legendre, 1983). Dans ces conditions, *H. longifilis* qui se nourrit à la fois de granulés et de tilapias, présente un remarquable potentiel de croissance (environ 10 g.j^{-1} chez des individus de poids compris entre 200 et 3 000 g). De plus, malgré son origine continentale, ce poisson semble également bien adapté à un élevage dans les secteurs oligo-mésahalins (de salinité inférieure

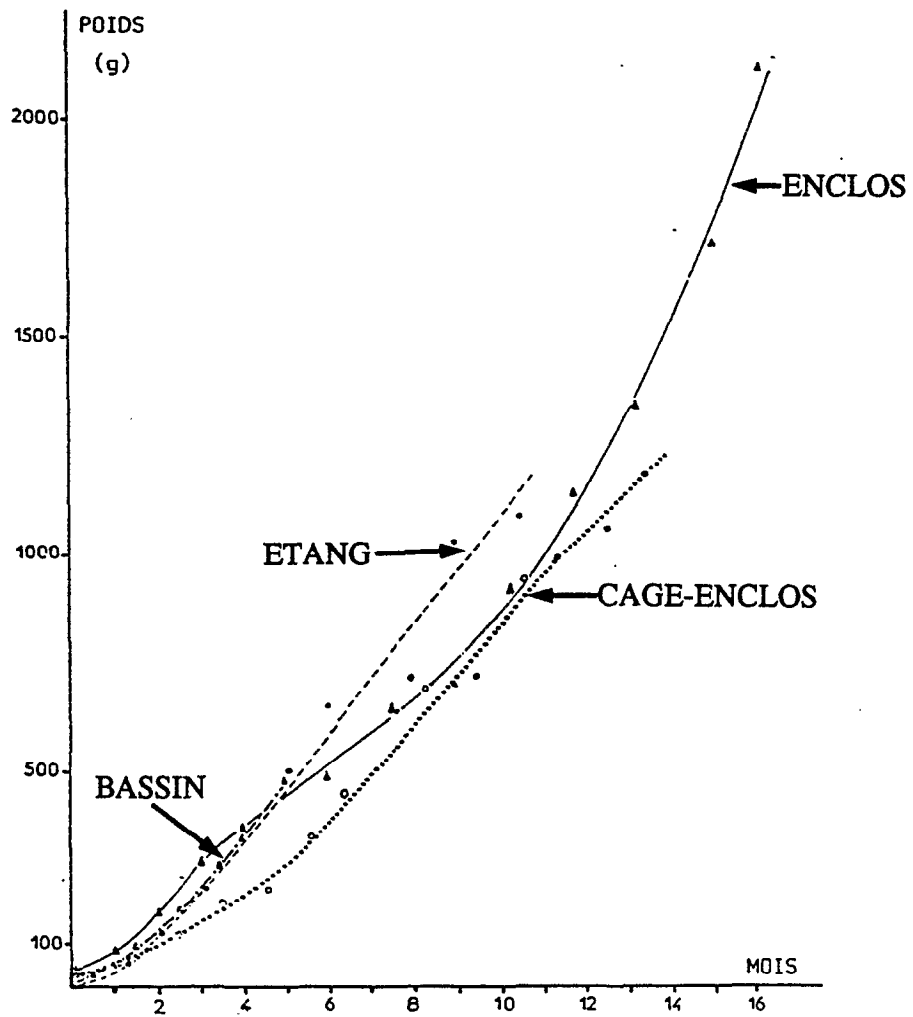


Figure 1.3. - Croissance pondérale de *H. longifilis* dans différentes structures d'élevage (In: Legendre, 1991).

à 10 g.l^{-1}), qui représentent plus de la moitié de la superficie des lagunes ivoiriennes (Legendre, 1991). A l'heure actuelle, *H. longifilis* est un poisson recherché par la grande majorité des consommateurs ivoiriens, bien que localement frappé d'interdits alimentaires (Legendre, 1989). Les techniques de reproduction induite et de fécondation artificielle sont à présent bien maîtrisées (Legendre, 1986a; Slembrouck et Legendre, 1988) et la production massive de larves peut être obtenue tout au long de l'année (Legendre, 1991; Legendre *et al.*, 1991b). La reproduction artificielle a été réalisée suite à une seule injection intramusculaire de gonadotropine chorionique humaine (HCG) à une dose de $1,5 \text{ UI.g}^{-1}$ de poids corporel pour les femelles. Pour les mâles, une dissection et une incision des testicules afin de recueillir le sperme ont été effectuées. A une température comprise entre 27 et 29 °C, l'éclosion a lieu 24 à 28 heures après la fécondation. La première prise de nourriture s'effectue à l'âge de 2 jours alors que les réserves vitellines ne sont pas encore totalement résorbées. A ce stade, les larves, dont la largeur de la bouche avoisine 1 mm, présentent un régime alimentaire essentiellement zooplanctonophage (Legendre, 1987). A l'âge de 14 à 17 jours, les poissons présentent la morphologie définitive de l'adulte, la formation des nageoires étant achevée (Legendre et Teugels, 1991). Grâce aux larves et alevins obtenus, les essais d'élevage de ce poisson en monoculture ont été tentés et ses performances de croissance en milieu lagunaire, évaluées (Legendre, 1987 et 1991). Les essais réalisés dans différentes structures d'élevage (enclos, cage-enclos, bassin, étang) et basés sur l'utilisation d'un aliment composé à 35 % de protéines brutes, ont montré que la croissance de *H. longifilis* est très rapide; les poissons atteignent généralement 500 g en 6 mois et plus d'1 kg en 12 mois (*fig. 1.3*). Une étude récente a montré que la croissance de *H. longifilis* est plus rapide que celle de *Clarias gariepinus*, les poissons ayant atteint 750 g et 370 g respectivement à l'âge de 10 mois (Legendre *et al.*, 1992). En milieu d'élevage, la première maturation sexuelle intervient à l'âge de 12-14 mois, elle est relativement tardive en comparaison de celle de *Clarias gariepinus* qui intervient dès l'âge de 5 à 6 mois (Legendre *et al.*, 1992).

CHAPITRE II

CONDITIONS D'EXPERIMENTATIONS

2.1. SITE D'ELEVAGE

Les expériences ont été réalisées au Centre de Recherches Océanologiques (C.R.O.) d'Abidjan et à la station d'aquaculture expérimentale de Layo.

La station de Layo se situe au bord de la lagune Ebrié, à environ 40 km à l'ouest d'Abidjan (4° de longitude ouest, 5° de latitude nord), dans une zone marécageuse où l'hydroclimat est fortement influencé par la proximité du débouché en lagune d'une rivière forestière, l'Agneby (*fig. 2.1*; Albaret et Legendre, 1983). Une description générale de l'hydroclimat lagunaire sur cette station est donnée par Trebaol (1991).

Durant la période de réalisation des expérimentations rapportées dans ce travail (1988 et 1989), les principaux paramètres physico-chimiques de l'eau à la station de Layo ont été relevés avec une fréquence quasi-quotidienne. Au cours de ces deux années, les valeurs mensuelles moyennes de la température de l'eau de la lagune ont fluctué entre 27 et 32 °C (*fig. 2.2*). La concentration en oxygène dissous, relevée le matin et le soir, est toujours restée supérieure à 3 mg.l⁻¹ et les moyennes mensuelles comprises entre 3,5 et 6,7 mg.l⁻¹ (*fig. 2.3*). La transparence, mesurée par la profondeur de disparition du disque de Secchi, est généralement assez faible avec des valeurs comprises entre 14-100 cm selon la période (*fig. 2.4*). Les valeurs journalières de la salinité ont varié entre 0 et 10 g.l⁻¹; les moyennes mensuelles les plus élevés (4 à 9 g.l⁻¹) correspondant aux mois de janvier à mai (*fig. 2.4*). Le pH est généralement compris entre 6,5 et 7,5.

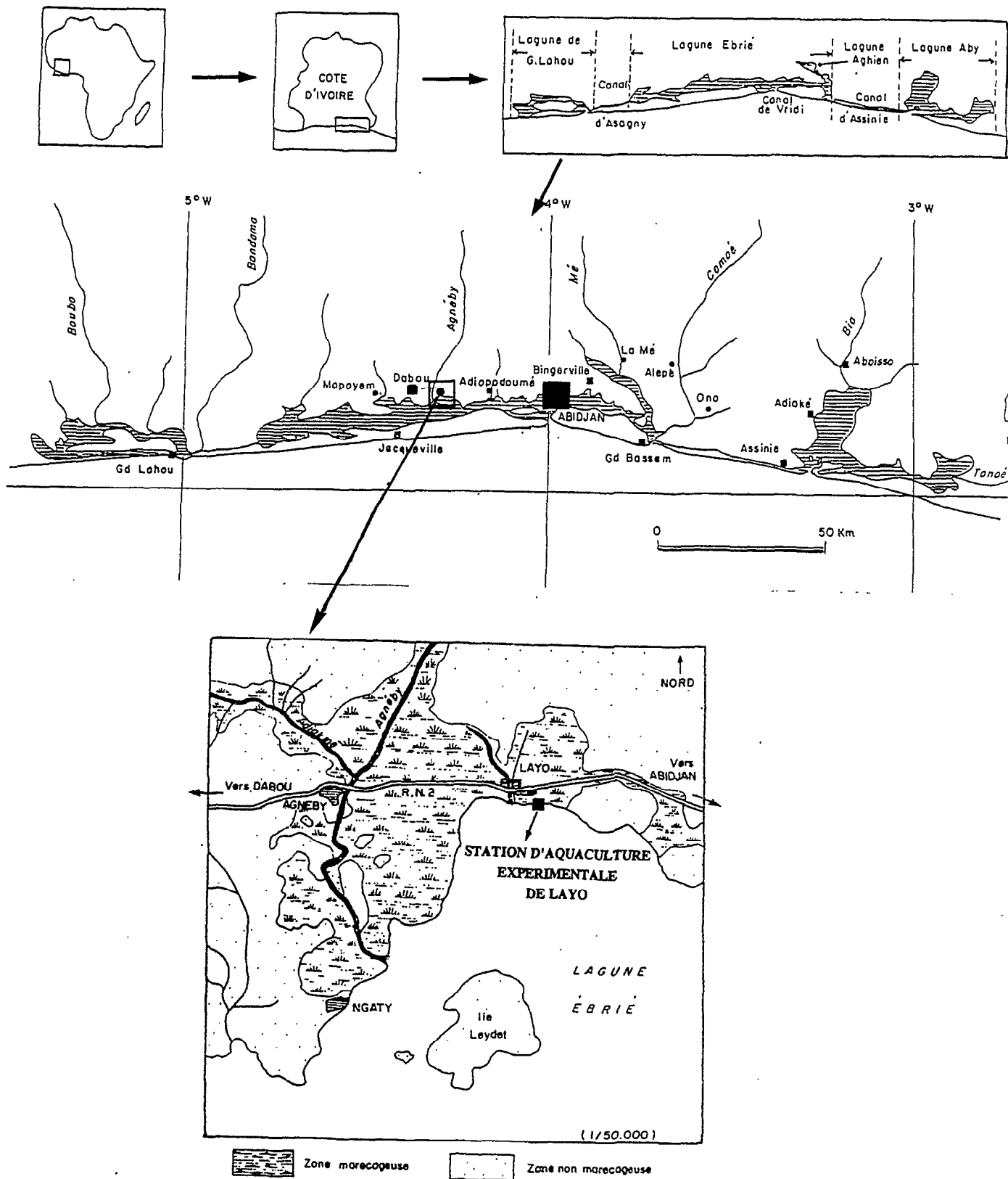


Figure 2.1. - Situation géographique de la station d'aquaculture expérimentale de Layo.

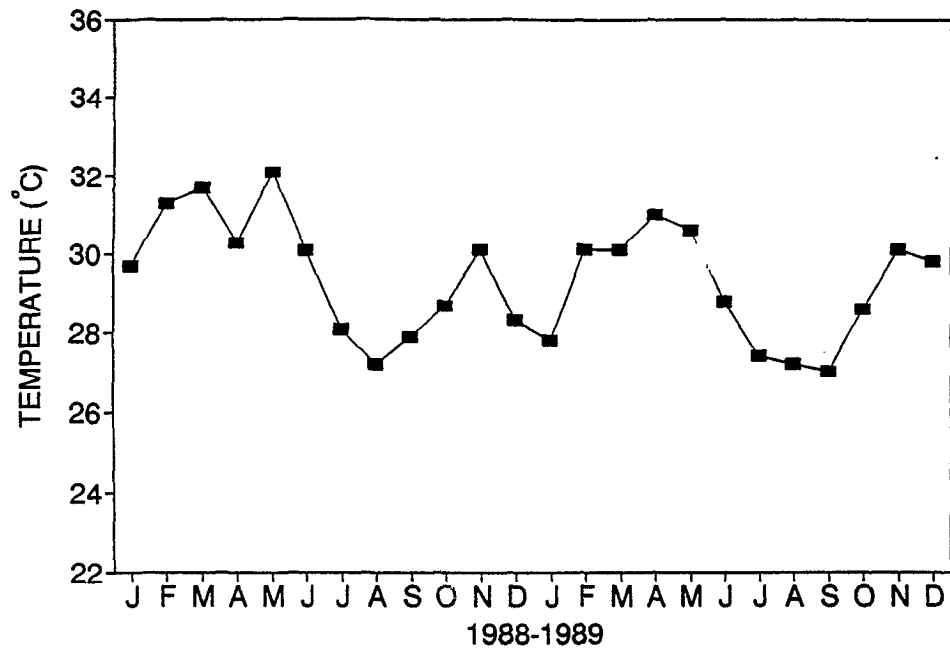


Figure 2.2. - Variations mensuelles moyennes de la température de l'eau de lagune Ebrié à la station de Layo en 1988 et 1989.

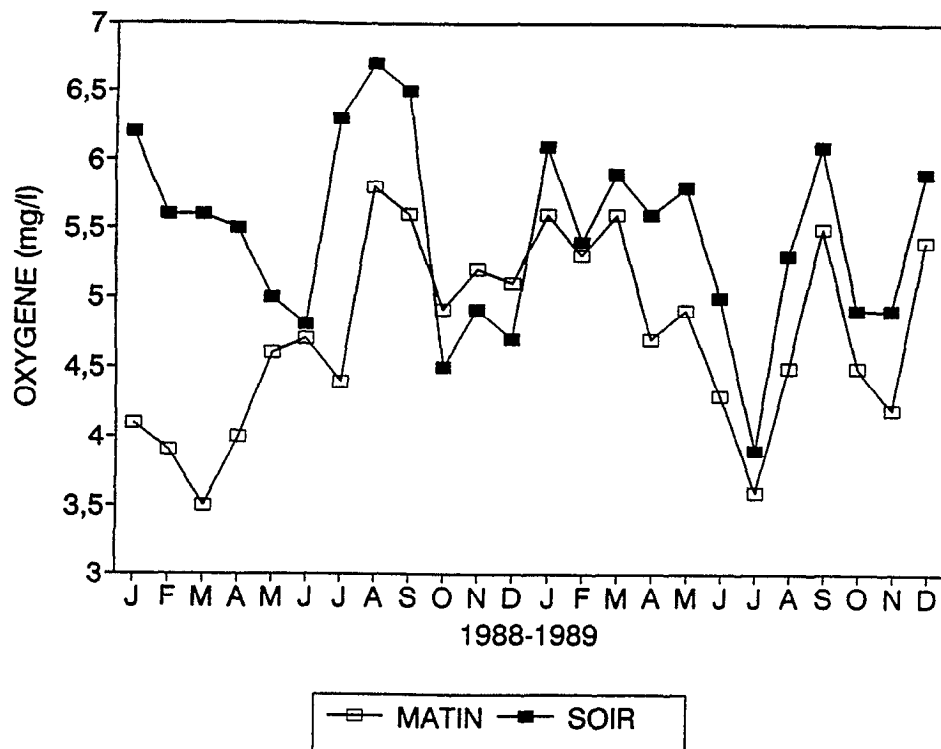


Figure 2.3. - Variations mensuelles moyennes de la concentration en oxygène dissous de l'eau de lagune à la station de Layo en 1988 et 1989.

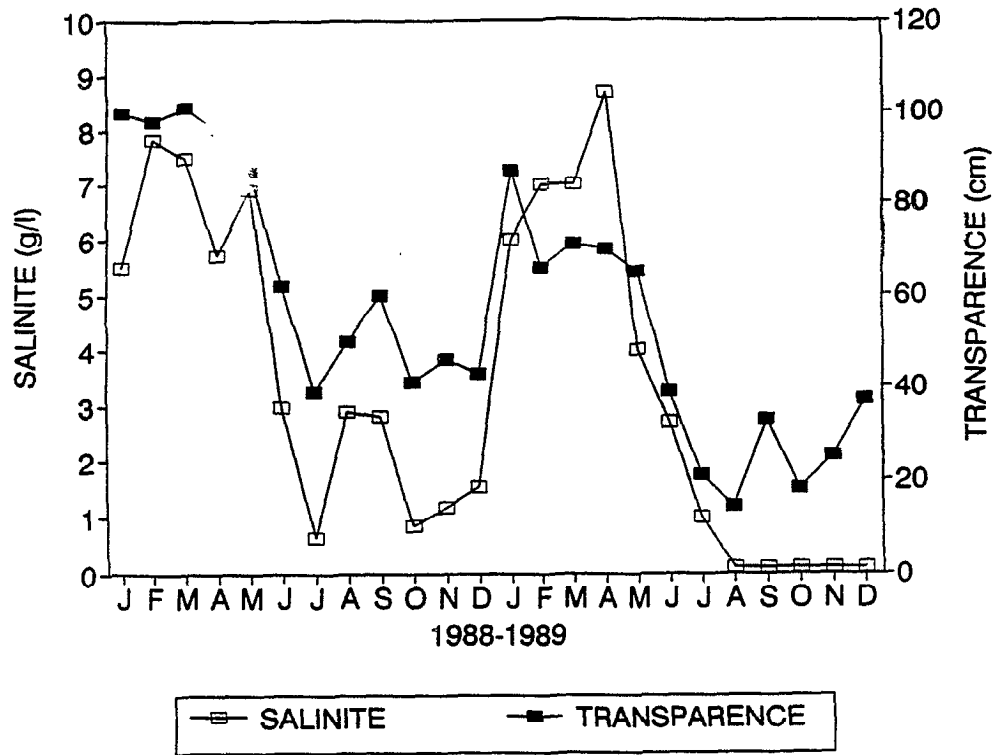


Figure 2.4. - Valeurs mensuelles moyennes de la salinité et de la transparence de la lagune à la station de Layo en 1988 et 1989.

2.2. ORIGINE DES POISSONS

Les spécimens de *H. longifilis* utilisés proviennent de Layo et descendent d'un stock sauvage ayant spontanément colonisé les étangs de la station en 1982 (Legendre, 1983).

Trois stades de développement des individus de *H. longifilis* ont été utilisés dans cette étude : les larves (après la résorption de la vésicule vitelline); les juvéniles de 1 g et de 15 g; et les juvéniles entre 55 et 75 g.

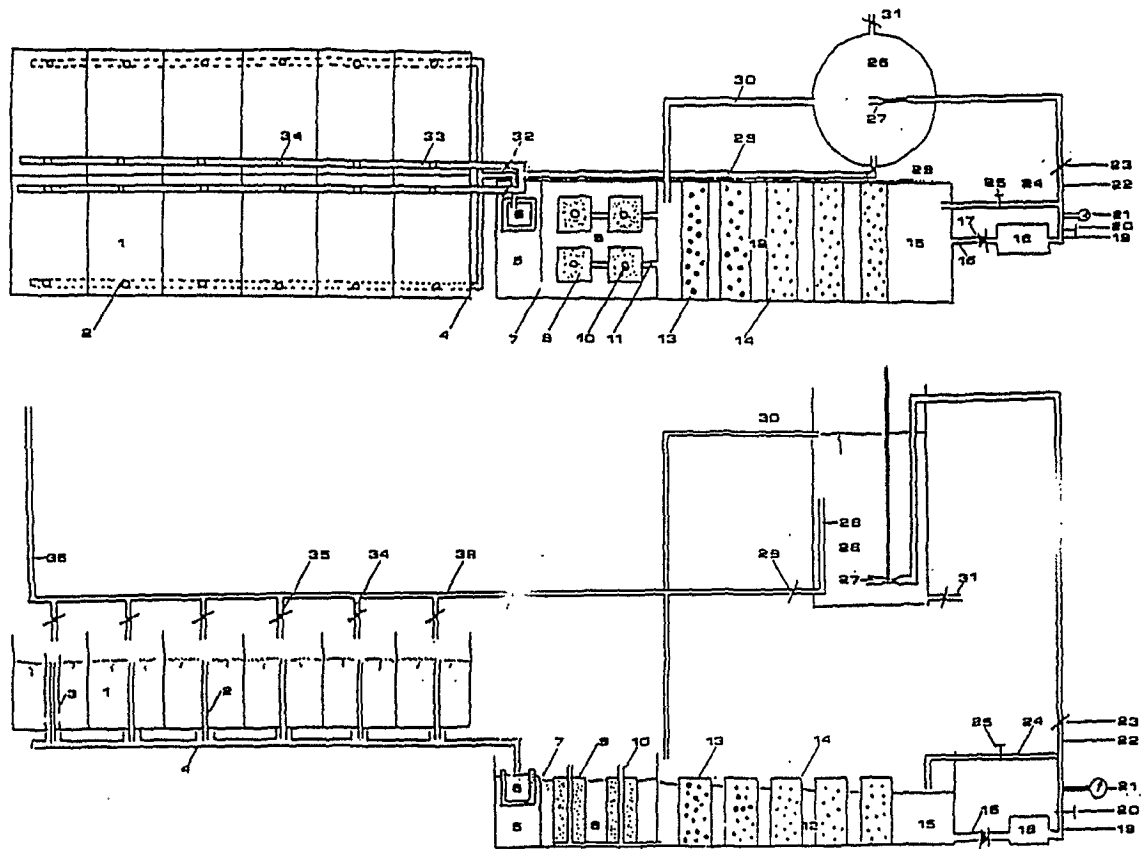
Les larves sont issues de pontes de géniteurs élevés à la station après reproduction artificielle selon les techniques décrites par Legendre (1986a) et Slembrouck et Legendre (1988). Après l'éclosion et 2 jours de résorption de la vésicule vitelline, les larves ont été placées dans les structures requises pour les expériences. Le poids initial, après la résorption de la vésicule vitelline, est d'environ 1,8 mg.

Les juvéniles provenaient de populations élevées dans les étangs de la station où ils recevaient un aliment composé sous forme de granulé à 35-40 % de protéines brutes. Lorsque les poissons atteignent la taille nécessaire aux expériences, ils sont pêchés et triés afin d'établir une population de départ de taille homogène. La répartition de cette dernière en différents lots expérimentaux placés dans les diverses structures expérimentales est ensuite toujours effectuée de manière aléatoire.

2.3. STRUCTURES D'ELEVAGE

- *Circuit fermé*

Cette structure expérimentale comprend 2 auges en PVC (2,0 m de long x 0,5 m de large x 0,4 m de profondeur), chacune est divisée en 6 bacs d'élevage avec une capacité utile de 50 litres (fig. 2.5; Lambert, 1990). Chaque bac est alimenté par une arrivée d'eau en surface contrôlée par une vanne. La sortie d'eau est assurée par un système de trop-plein, avec un tamis de 600 μ m, permettant à l'eau de s'écouler et empêchant le passage des larves. L'ensemble du système est installé dans une salle obscure.



LISTE DES ELEMENTS DU SYSTEME

BACS D'ELEVAGE

1. bac d'élevage
2. tuyau d'évacuation des bacs d'élevage ϕ 25
3. tuyau concentrique ϕ 32

EVACUATION

4. tuyau d'évacuation générale ϕ 63

FILTRE

5. compartiment n°1
6. préfiltre
7. surverse du compartiment n°1 dans le compartiment n°2
8. compartiment n°2
9. bloc de mousse
10. tuyau de récupération de l'eau filtrée ϕ 20
11. évacuation vers le compartiment n°3 ϕ 25
12. compartiment n°3
13. casier rempli de gravier
14. casier rempli de biolite
15. bac tampon à l'aspiration

ALIMENTATION

32. vanne de sectionnement
34. tuyau de distribution des bacs d'élevage ϕ 20
36. cheminée à pression atmosphérique

POMPE

16. tuyau d'aspiration ϕ 32
17. clapet anti-retour
18. pompe
19. tuyau de refoulement ϕ 32
20. vanne de pression
21. manomètre
22. dérivation du refoulement vers le bac de charge ϕ 32
23. vanne quart de tour
24. court-circuit ϕ 32
25. vanne de débit

BAC DE CHARGE

26. bac de charge
27. venturi
28. tuyau d'alimentation des bacs d'élevage ϕ 32
29. vanne de sortie de bac
30. trop plein du bac de charge ϕ 25
31. vidange de fond ϕ 20

33. rampe d'alimentation

35. vanne de débit des bacs d'élevage

Figure 2.5. - Schéma du dispositif d'aquarium d'expérimentation en circuit fermé (In: Lambert, 1990).

- Circuit ouvert

Ce module expérimental a été utilisé pour réaliser des expériences en phase de prégrossissement. Il se compose de 18 bacs circulaires en PVC ayant 160 cm de diamètre et 50 cm de hauteur. L'ensemble est alimenté directement en eau de lagune par un système de pompage. Cette structure est installée sous un hangar à la température ambiante.

- Cages-enclos

Ce système d'élevage, de même que l'enclos (Hem, 1982), est une structure simple et bien adaptée à des sites peu profonds fréquents en milieu lagunaire (Legendre, 1986b). Il se constitue d'une poche en filet (14 mm de côté de maille), d'un volume de 4 m³ (2 m x 2 m x 1 m), suspendue à des piquets et dont le fond repose sur le sédiment. Ces cages-enclos sont utilisées pour la réalisation des expériences correspondant à la phase de grossissement.

2.4. COMPOSITION ET FABRICATION DES ALIMENTS EXPERIMENTAUX

- Matières premières utilisées

Les ingrédients principaux utilisés pour fabriquer les aliments expérimentaux sont les produits et sous-produits locaux dont la composition globale est présentée dans le *tableau 2.1*.

La seule source de protéines animales est la farine de poisson, qui provient principalement du traitement des déchets de la conserverie de thons de la société REAL (Recherche et Expansion de l'Alimentation Animale). Le tourteau de soja est utilisé comme source de protéines végétales. Le maïs et le son de blé sont des hydrates de carbone qui peuvent être substituées à la farine de poisson pour ajuster le taux de protéines à la valeur désirée. Le refus de farine de manioc, constitué d'amidon natif (riche en amylopectine), est utilisé comme liant (Slembrouck *et al.*, 1991).

L'apport lipidique supplémentaire est constitué d'huile de foie de morue, importée de France. Les mélanges vitaminique et minéral (F. Hoffmann-La Roche & CIE S.A.-BASLE) ont la composition rapportée dans le *tableau 2.2*. Les besoins en calcium et en phosphore, qui ne peuvent être satisfaits en utilisant les matières premières locales, ont

Tableau 2.1. - Composition centésimale des matières premières (% de la matière sèche).

Matière première	Matière sèche	Protéines ¹ brutes	Matière grasse	Cendres	Cellulose brute	ENA ²
Farine de poisson	8,6	62,23	8,75	20,35	-	8,67
Tourteau de soja	12,2	51,82	3,30	6,61	7,03	31,24
Maïs	13,2	10,08	5,18	1,61	3,27	79,86
Son de blé	12,2	18,81	3,89	5,86	10,16	61,28
Refus de farine de manioc	11,7	1,98	0,91	1,36	1,70	94,05

¹ (N x 6,25)² Extractif non azoté**Tableau 2.2.** - Composition des mélanges vitaminique et minéral (pour 1 kg de prémix).

Mélange vitaminique		Mélange minéral	
Vitamine A	1 760 000 U.I.	Cobalt	20 mg
Vitamine D3	880 000 U.I.	Fer	17 600 mg
Vitamine E	22 000 mg	Iode	2 000 mg
Vitamine B1	4 400 mg	Manganèse	10 000 mg
Vitamine B2	5 280 mg	Cuivre	1 600 mg
Vitamine B6	4 400 mg	Zinc	60 000 mg
Acide D-Pantothénique	14 080 mg	Sélénium	40 mg
Vitamine C	151 000 mg		
Ménadione Sod. Bis. (Vitamine K)	4 400 mg		
Vitamine PP	35 200 mg		
Vitamine B12	36 mg		
Acide folique	880 mg		
Chlorure de choline	220 000 mg		
B.H.T	80 000 mg		

été fournis par le phosphate bicalcique selon les recommandations faites par NRC (1983) pour le poisson-chat américain (*Ictalurus punctatus*).

- Méthode de fabrication des aliments

Les aliments expérimentaux ont été fabriqués en une fois, en quantité suffisante pour être utilisé pendant la durée totale d'une expérience donnée.

Les formules alimentaires ont été élaborées à l'aide d'un système de calcul automatique utilisant la méthode de programmation linéaire (Voir Hem *et al.*, 1987).

Toutes les matières premières utilisées ont d'abord été broyées à l'aide d'un broyeur à marteaux (de Type Law) muni d'une grille dont les trous sont de 1 mm de diamètre de façon à ce que les particules soient les plus fines possible. Pour chaque régime, les différents ingrédients ont été pesés puis mélangés et homogénéisés à la main dans une bassine en plastique. Les éléments de la partie fixe comme les mélanges vitaminique et minéral et le phosphate bicalcique ont ensuite été incorporés. Après avoir mélangé tous les ingrédients nécessaires, l'huile a été ajoutée lentement et l'ensemble des éléments a été brassé quelques minutes, puis l'eau (20-30 %) a été ajoutée en dernier. Le mélange final se présente donc sous la forme de poudre peu humide. La mise en forme des granulés de 3,5 mm de diamètre a ensuite été effectuée à l'aide d'une granuleuse à sec (presse de type Promill), sans injection de vapeur. Après cette opération, les granulés ont été séchés au soleil à une température ambiante entre 30 et 35 °C pendant 1 ou 2 jours. Les aliments secs ont été conservés en sacs plastiques et stockés dans une salle climatisée, à une température moyenne d'environ 18 °C, jusqu'à l'utilisation.

2.5. ANALYSES CHIMIQUES DES ALIMENTS ET DE LA COMPOSITION CORPORELLE

Les analyses chimiques de la composition relative globale des matières premières utilisées, des différents aliments testés et des compositions corporelles (carcasses) ont été effectuées, en duplicat, selon les méthodes suivantes (AOAC, 1975):

- Teneur en eau (%)

Elle est dosée sur des échantillons de 5 g environ, placés dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures.

- Cendres (%)

Elles sont obtenues après passage des échantillons de 2 g environ dans un four à moufle à 550 °C pendant 6 heures.

- Protéines brutes ($N \times 6,25$, %)

Elles sont déterminées à partir des analyses d'azote selon la méthode de Kjeldahl.

- Matières grasses (%)

Elles sont déterminées par la méthode de Soxhlet. Les teneurs en lipides dans la carcasse sont estimées par la différence : matière sèche - (protéines + cendres).

- Cellulose brute (%)

Elle est déterminée par la méthode de Weende après deux hydrolyses successives: une hydrolyse acide par H_2SO_4 et une hydrolyse alcaline NaOH.

- Extractif non azoté (%)

Il est estimé par la différence : $100 - (\text{humidité} + \text{protéines brutes} + \text{matières grasses} + \text{cendres} + \text{fibres})$

- Energie (kJ/g d'aliment))

Les coefficients suivants ont été utilisés pour calculer l'énergie brute et l'énergie digestible:

- Energie brute: protéines = 22,2 kJ/g d'aliment; lipides = 38,9 kJ/g d'aliment; extractif non azoté = 17,2 kJ/g d'aliment (Luquet et Moreau, 1989).

- Energie digestible: protéines = 18,8 kJ/g d'aliment (Smith, 1971); lipides = 37,7 kJ/g d'aliment (Smith, 1971); extractif non azoté = 11,3 kJ/g d'aliment (Page et Andrews, 1973).

Dans toutes les expériences, les analyses de la composition corporelle ont été effectuées en début et en fin d'expérience sur chaque lot. Les poissons ont été prélevés, congelés et broyés. Les dosages ont été effectués, en duplicat, sur le broyat ainsi obtenu.

2.6. VARIABLES ET PARAMETRES ETUDIES

Les termes utilisés sont empruntés aux diverses publications concernant les élevages (Castell et Tiews, 1980; Jauncey et Ross, 1982).

- *Pourcentage de survie, PS (%)*

$$PS = 100 \times (\text{Nombre final} / \text{Nombre initial})$$

- *Coefficient de variation, CV (%)*

$$CV = 100 \times (\text{écart type} / \text{moyenne})$$

- *Gain de poids, GP (g)*

$$GP = \text{Poids moyen final} - \text{Poids moyen initial}$$

- *Croissance journalière, CJ (g.jour⁻¹)*

$$CJ = (\text{Poids moyen final} - \text{Poids moyen initial}) / \text{Nombre de jours de suivi}$$

- *Taux de croissance relatif, TCR (%)*

$$TCR = 100 \times (\text{Poids moyen final} - \text{Poids moyen initial}) / \text{Poids moyen initial}$$

- *Taux de croissance spécifique, TCS (%.jour⁻¹)*

$$TCS = 100 \times [\ln(\text{Poids moyen final}) - \ln(\text{Poids moyen initial})] / \text{Nombre de jours de suivi}$$

- *Indice de consommation, IC*

$$IC = \text{Poids total d'aliment distribué} / \text{Accroissement en biomasse de poissons}$$

- *Protéine fixée, PF (g)*

$$PF = \text{Protéines finales dans la carcasse} - \text{Protéines initiales dans la carcasse}$$

- *Protéine ingérée, PI (g)*

$$PI = \text{Poids total d'aliment distribué} \times \text{Taux de protéines dans l'aliment}$$

- *Coefficient d'efficacité protéique, CEP*

$$CEP = \text{Gain de poids} / \text{Protéines ingérées}$$

- *Coefficient d'utilisation protéique apparente, CUPa (%)*

$$CUPa = 100 \times (\text{Protéine fixée} / \text{Protéine ingérée})$$

2.7. TRAITEMENT DES DONNEES

Le traitement des données a principalement utilisé 2 méthodes paramétriques d'analyse statistique adaptées à chaque situation expérimentale: l'analyse de variance à 1 ou 2 facteurs (Scherrer, 1984; Dagnelie, 1986). Les comparaisons multiples de moyenne ont été effectuées au seuil de signification de 5 % par le test de Duncan. Une transformation des données en logarithme pour les poids et en arc-sinus pour les pourcentages de survie, a été réalisée lorsqu'elle était jugée nécessaire pour stabiliser la variance résiduelle.

DEUXIEME PARTIE

ALIMENTATION LARVAIRE

**CHAPITRE III: COMPARAISON DE DIFFERENTES OPTIONS
D'ALIMENTATION DES LARVES EN MILIEU CONTROLE**

**CHAPITRE IV: INFLUENCE DES LIPIDES ALIMENTAIRES SUR LA
CROISSANCE ET LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES LARVES ET
ALEVINS**

CHAPITRE III

COMPARAISON DE DIFFERENTES OPTIONS D'ALIMENTATION DES LARVES EN MILIEU CONTROLE

3.1. INTRODUCTION

La maîtrise de la production en masse des alevins de poissons est un préalable indispensable au développement des opérations de prégrossissement et de grossissement. Cela paraît dépendre surtout de la disponibilité d'une nourriture convenable et abondante pour le stade larvaire. Chez *H. longifilis*, la durée de la phase précoce de l'élevage des alevins est d'environ 15 jours. La première prise de nourriture s'effectue à l'âge de 2 jours alors que les réserves vitellines ne sont pas encore totalement résorbées. A ce stade, les larves, dont la largeur de la bouche avoisine 1 mm, présentent un régime alimentaire essentiellement zooplanctonophage (Legendre, 1987). A l'âge de 14 à 17 jours, les poissons présentent la morphologie définitive de l'adulte, la formation des nageoires étant achevée (Legendre et Teugels, 1991). A l'heure actuelle, deux méthodes différentes sont envisagées pour les élevages larvaires de *H. longifilis* (Legendre *et al.*, 1991).

La première consiste à placer les larves en fin de résorption vitelline dans des cages, de petit maillage, implantées directement dans les étangs. Un pompage de l'eau de l'étang vers les cages est effectué en continu pour favoriser le renouvellement d'eau et l'approvisionnement en proies planctoniques. Elle permet généralement d'obtenir de bons résultats, avec des taux moyens de survie compris entre 15 % et 50 %, mais son succès reste conditionné par la qualité de l'eau des étangs. Cette technique est relativement simple et exige peu d'entretien et de main-d'oeuvre. Elle convient bien pour une application dans

le cadre de piscicultures rurales, les résultats restant aléatoires en fonction de la qualité de l'eau et de la richesse zooplanctonique des étangs.

La seconde consiste à maîtriser une production de nauplii d'*Artemia salina* qui serviront de proies aux larves élevées dans des installations contrôlées (circuit fermé). Cette méthode permet d'obtenir une croissance satisfaisante et une bonne survie (70-85 %), ainsi que des résultats reproductibles et généralement supérieurs à ceux de la première méthode.

Bien que les deux méthodes permettent d'obtenir des résultats satisfaisants (en référence aux objectifs propres à chacune d'elle), l'alevinage en circuit fermé, avec les nauplii d'*Artemia*, paraît être l'option qui répond le mieux à la production massive d'alevins de *H. longifilis*. Cependant, la production des nauplii d'*Artemia* pose des problèmes pratiques et économiques pour une application dans les pays Africains. Une solution intéressante au problème de la production des *Artemia* consiste donc à se tourner vers l'utilisation soit d'un autre type de proie planctonique disponible localement, soit d'un aliment composé.

En général, le zooplancton, sous forme de proies vivantes ou congelées, est considéré comme un bon aliment de départ pour la production massive de larves et d'alevins de plusieurs espèces de poissons (Van der Wind, 1979; Kentouri, 1981; Watanabe *et al.*, 1983; Dabrowski et Rusiecki, 1983; Dabrowski, 1984; Guerrin, 1988). Parmi les proies planctoniques, outre l'*Artemia* considérée comme un excellent aliment pour l'élevage larvaire chez *Clarias gariepinus* (Hogendoorn, 1980), *Coregonus* spp. (Dabrowski *et al.*, 1986; Drouin *et al.*, 1986) ou *Morone saxatilis* (Webster et Lovell, 1990), le zooplancton d'eau douce, notamment le cladocère *Moina* spp., est aussi considéré comme une nourriture convenable pour l'élevage larvaire de nombreux poissons. C'est notamment le cas pour *Clarias batrachus* (Dhamrongrat et Kasesunchai, 1981; Knud-Hansen *et al.*, 1990), *Plecoglossus altivelis* (Oka *et al.*, 1982) et *Chanos chanos* (Villegas, 1990). Legendre (1987) a également montré que, parmi les proies planctoniques naturellement disponibles dans les étangs de la station de Layo, le cladocère *Moina* semble constituer un bon aliment de départ pour les larves de *H. longifilis* en raison de la forte sélection qui s'exerce à son égard et de sa meilleure digestibilité apparente. Récemment, la production de *Moina micrura* en bassins cimentés de 2 m³, à la station de Layo, a permis d'obtenir des concentrations en proies supérieures à 4 000 individus par litre (Bonou, 1990). Ceci constitue donc un point favorable dans le but de valoriser les potentialités locales en proies naturelles pour l'élevage larvaire de *H. longifilis*.

Par ailleurs, les résultats très encourageants acquis dans la mise au point d'aliments composés ont aussi été soulignés chez les larves de poissons dès leur entrée en phase trophique, en particulier chez *Clarias gariepinus* (Hecht, 1981; Uys et Hecht, 1985), chez *Coregonus* spp. (Bergot *et al.*, 1986; Dabrowski *et al.*, 1986) et chez *Cyprinus carpio* (Charlon et Bergot, 1984; Bergot, 1986; Charlon *et al.*, 1986). Bergot *et al.* (1986) ont

montré que, pour les larves de *Coregonus schinzi palea*, un aliment sec composé à base de levure et de foie de boeuf conduit à une survie élevée (88-92 %) et à une croissance rapide (260-290 mg) après 54 jours d'élevage.

En conséquence, dans le cadre de l'élevage larvaire de *H. longifilis*, il convient de s'interroger sur l'opportunité de remplacer les nauplii d'*Artemia* soit par des proies planctoniques disponibles localement, soit par un aliment composé.

Dans ce chapitre, l'adéquation de différents régimes (proies naturelles ou aliments composés) pour l'alimentation des larves de *H. longifilis* est évaluée en considérant la croissance et la survie au cours des deux premières semaines d'élevage.

3.2. MATERIEL ET METHODES

Deux expériences ont été réalisées au Centre de Recherches Océanologiques d'Abidjan afin de comparer la croissance et la survie des larves nourries avec des proies planctoniques, sous formes vivante ou congelée, et des aliments composés. La durée totale de chaque expérience a été de 12 jours.

3.2.1. Conditions expérimentales

Expérience 1

Dix huit lots de 60 larves (après résorption de la vésicule vitelline) ont été constitués et placés dans des récipients en plastique de type alimentaire contenant chacun 800 ml d'eau de ville stagnante renouvelée 2 à 4 fois par jour. Durant l'expérience, la température de l'eau était de 25,5 à 26,5 °C. La concentration en oxygène dissous a varié selon les lots et était comprise entre 2,0 et 5,0 mg.l⁻¹.

Expérience 2

Cette expérience avait pour but de confirmer les premiers résultats obtenus dans l'expérience 1, mais dans une structure expérimentale plus grande et mieux contrôlée.

Dix lots de 300 larves ont été maintenus dans une série de petits bacs en PVC d'un volume utile de 40 litres, alimentés en eau de ville recyclée. Pendant l'expérience, la température de l'eau s'est maintenue entre 26 et 28 °C et la concentration en oxygène

dissous a varié entre 6,0 et 8,0 mg.l⁻¹. Tous les jours, un nettoyage des bacs d'élevage a été effectué afin de récupérer les déchets et les restes de nourriture non consommés.

3.2.2. Alimentation

Les types d'aliments suivants ont été testés :

1) *Les proies planctoniques vivantes:* - Nauplii d'*Artemia salina* et Cladocère (*Moina micrura*) -.

Les nauplii d'*Artemia* ont été obtenues à partir des cystes (Bio-marine, Californie) incubés dans des récipients coniques à une température de 30 °C, sous éclairage, et avec aération continue par le fond. Après 28-32 heures, les nauplii, dégagées au maximum des coquilles vides et des cystes non éclos, ont été récoltées et distribuées aux larves. La taille moyenne des nauplii est de $530 \pm 81 \mu\text{m}$.

Les *Moina* ont été produits dans des bassins cimentés (2m³) en eau stagnante, oxygénée et fertilisée avec de la fiente de poulet, selon la technique décrite par Bonou (1990). Les proies ainsi obtenues (taille moyenne de $587 \pm 62 \mu\text{m}$) ont été récoltées par filtration de l'eau des bassins, concentrées puis distribuées aux larves.

2) *Les proies planctoniques congelées:* - Nauplii d'*Artemia salina* et Cladocère (*Moina micrura*) -.

Les nauplii d'*Artemia* (fraichement écloses) et les cladocères (*Moina micrura*) ont été récoltés par filtration, placés dans un bac à glaçons et mis dans un congélateur (-18 °C). Lors de chaque nourrissage, les proies congelées ont été distribuées en petites quantités et la fonte des "glaçons" s'est faite progressivement dans les bacs d'élevage.

3) *Aliments composés:*

- *Aliment composé n°1* (Bergot et al., 1986)

Ce type d'aliment a été obtenu auprès de l'INRA. Il se compose de 50 % de levure, 35 % de foie de boeuf, 5 % de mélange vitaminique, 5 % d'huile de foie de morue et 5 % de mélange minéral.

- *Aliment composé n°2*

Il s'agit de l'aliment pour alevins de truite (Trouvit 000) commercialisé par la société TROUW France.

Expérience 1

Six types d'aliments ont été testés: les nauplii d'*Artemia* vivantes, les nauplii d'*Artemia* congelées, les *Moina* vivants, les *Moina* congelés, l'aliment composé à base de levure et de foie de boeuf et l'aliment Trouvit. Chaque situation expérimentale était répliquée 3 fois.

Expérience 2

Cinq types d'aliments ont été utilisés: les nauplii d'*Artemia* vivantes, les nauplii d'*Artemia* congelées, les *Moina* vivants, les *Moina* congelés et l'aliment composé à base de levure et de foie de boeuf. Chaque régime expérimental a été testé sur deux lots de poissons.

Dans chaque expérience, l'aliment a été distribuée à la main, *ad libitum*, en 6 repas quotidiens, à 6h, 10h, 14h, 18h, 22h et 2h et ce, pendant toute la durée de l'expérience. Les aliments composés ont été fournis sous forme de microparticules de 100 à 200 μm et de 200 à 400 μm pour les poissons âgés de 2 à 8 jours et de 8 à 14 jours respectivement.

3.2.3. Echantillonnage et méthodes d'analyses

Dans les deux expérience, 10 poissons à l'âge de 5, 8, 11 jours et 20 poissons à l'âge de 14 jours (30 poissons dans la deuxième expérience) ont été pêchés dans chaque lot de manière aléatoire puis pesés individuellement sur une balance analytique ($P \pm 0,1$ mg) afin d'effectuer le suivi de la croissance. De plus, pour chaque jour d'échantillonnage, 5 poissons dans les lots nourris avec les proies planctoniques ont aussi été prélevés pour analyser succinctement le contenu stomacal. En fin de chaque expérience, tous les poissons restants dans chaque lot ont été comptés afin de déterminer le pourcentage de survie.

Analyse statistique: les pourcentages de survie et les poids finaux ont été traités en utilisant l'analyse de variance à un facteur, et les comparaisons multiples de moyenne ont été effectuées au seuil de signification de 5 % par le test de Duncan. Une transformation des données, en logarithme pour les poids et en arc-sinus pour les pourcentages de survie, a été effectuée pour stabiliser la variance résiduelle.

3.3. RESULTATS

Quelle que soit l'expérience, les larves de *H. longifilis*, dont la taille moyenne après la résorption de la vésicule vitelline, est d'environ 7 mm soit 1,8 mg, acceptent bien tous les types d'aliments distribués, à l'exception du Trouvit qui n'est que faiblement ingéré. Une observation à la loupe binoculaire du tube digestif des larves âgées de 3 jours indique qu'elles sont capables d'ingérer des proies d'une taille d'environ 500 μm , comme les nauplii d'*Artemia* et de *Moina*, dès leur entrée en phase trophique.

Le bilan, en terme de croissance et survie, des deux expériences réalisées est présenté dans le *tableau 3.1* en fonction des différents types de nourritures.

Tableau 3.1. - Poids moyens finaux et pourcentages de survie des larves de *H. longifilis* après 12 jours de nourrissage, avec différents types d'aliments.

(1) aliment à base de levure et de foie de boeuf; (2) Trouvit 000

Les valeurs entre parenthèses indiquent les coefficients de variation.

Type de nourriture	Expérience 1		Expérience 2	
	Poids moyen final (mg)	Survie (%)	Poids moyen final (mg)	Survie (%)
Nauplii d' <i>Artemia</i> vivantes	83,8 ^a (17,9)	79,3 ^a	236,3 ^a (25,7)	65,4 ^a
Nauplii d' <i>Artemia</i> congelées	51,3 ^b (17,7)	91,7 ^a	142,5 ^b (25,2)	73,3 ^a
<i>Moina</i> vivants	32,8 ^c (28,1)	81,7 ^a	57,1 ^c (29,2)	70,7 ^a
<i>Moina</i> congelés	39,4 ^d (18,3)	86,1 ^a	78,4 ^d (36,0)	69,0 ^a
Aliment composé n° 1 ⁽¹⁾	28,8 ^e (32,6)	82,8 ^a	30,2 ^e (32,7)	60,7 ^a
Aliment composé n° 2 ⁽²⁾	13,2 ^f (49,6)	31,7 ^b	-	-

Les chiffres d'une même colonne ayant le même exposant ne diffèrent pas significativement au risque de 5 %.

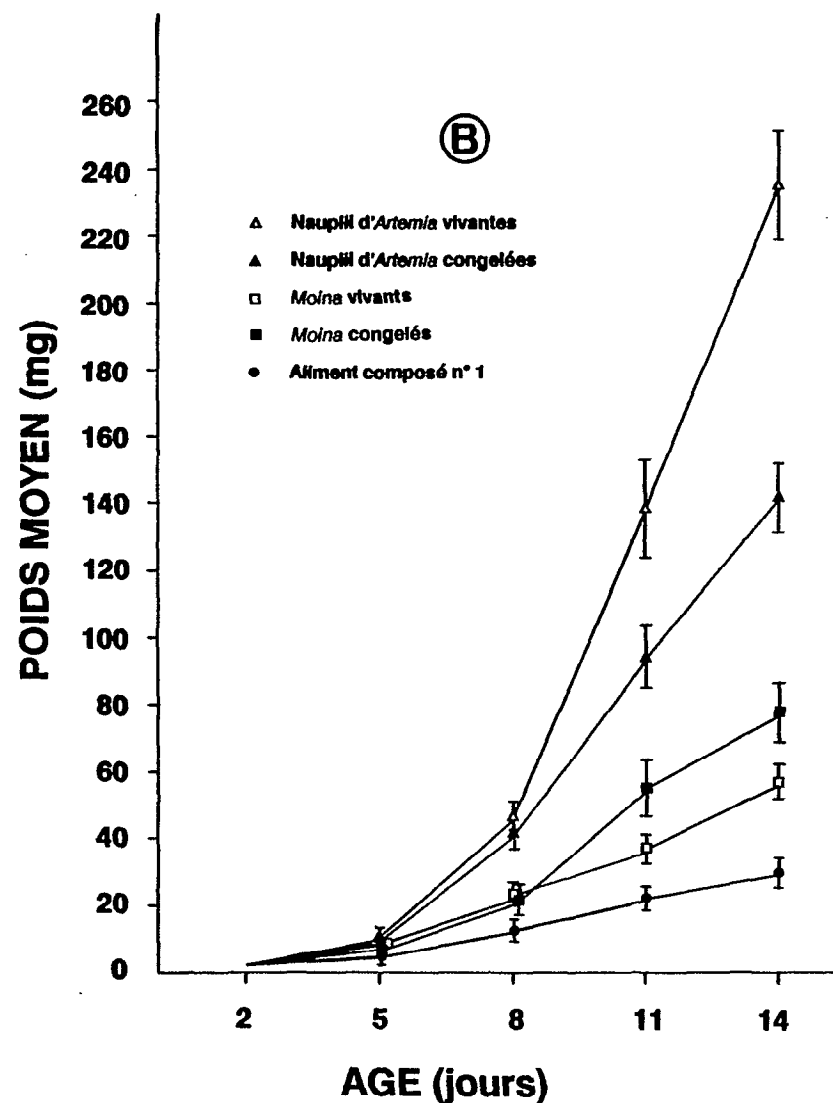
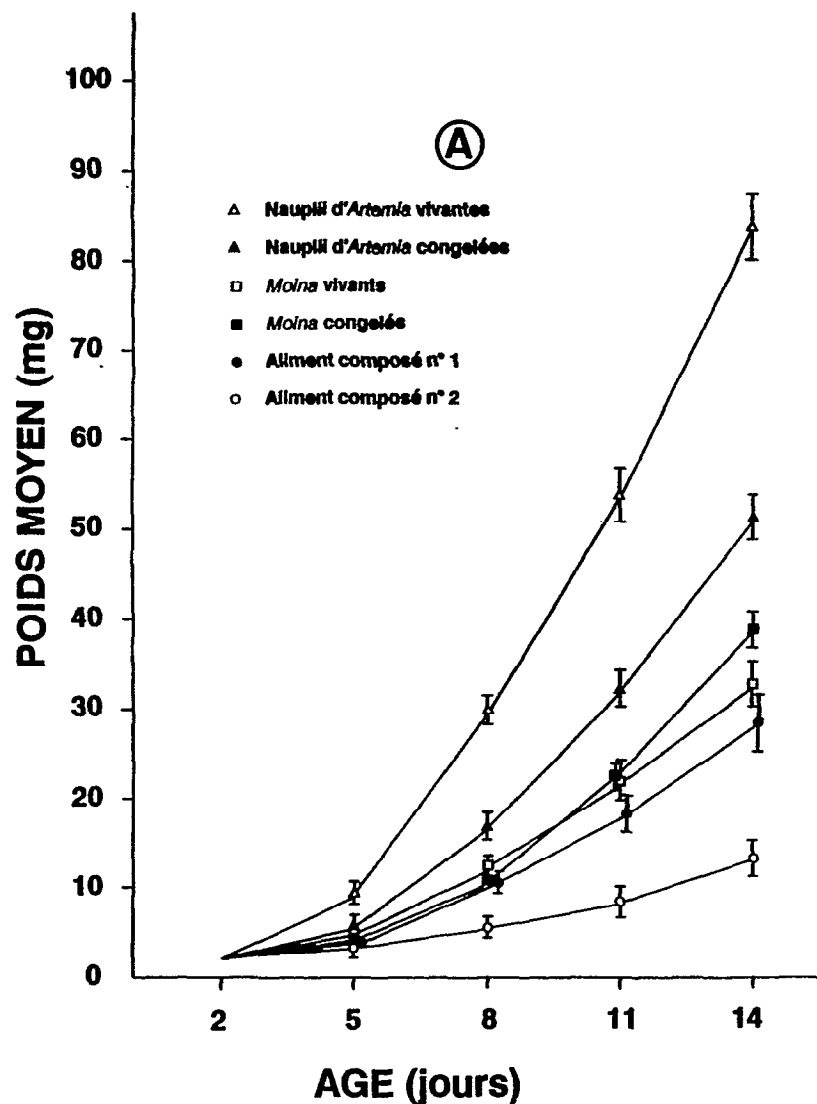


Figure 3.1. - Croissance pondérale des larves de *H. longifilis* entre la première prise de nourriture et l'âge de 14 jours en fonction du type de nourriture. Expérience 1 (A). Expérience 2 (B).

Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95 %.

Aliment composé n°1: aliment à base de levure et de foie de boeuf; Aliment composé n°2: Trouvit 000.

L'analyse de variance sur les résultats obtenus en fin de chaque expérience montre un effet significatif du type de nourriture sur la croissance ($p < 0,05$; *tabl.* 3.1). Dans les deux cas, les lots nourris avec les nauplii d'*Artemia* vivantes ont une croissance plus élevée que ceux alimentés avec les nauplii congelées ($p < 0,05$). En revanche, le poids moyen final des larves nourries avec les *Moina* congelés est environ 1,3 fois plus élevé que celui des larves alimentées avec les *Moina* vivants. Cette différence de croissance devient sensible entre J8 et J11 et devient plus marquée en fin d'expérience (*fig.* 1A,B). Par ailleurs, les larves nourries avec les aliments composés ont une croissance significativement plus faible que celles alimentées avec les proies planctoniques, quel que soit le mode de présentation.

Expérience 1

La *figure* 1A montre l'évolution du poids vif moyen des larves en fonction de leur âge et du régime alimentaire. Les nauplii d'*Artemia* vivantes donnent la meilleure croissance (83,8 mg) suivis par les nauplii d'*Artemia* congelés (51,3 mg), les *Moina* congelés (39,4 mg) et les *Moina* vivants (32,8 mg) (*tabl.* 3.1). L'utilisation d'aliments composés conduit à une croissance plus faible (28,8 mg pour l'aliment à base de levure et de foie de boeuf et 13,2 mg pour le Trouvit). Les coefficients de variation sont compris entre 17,7 et 49,6 % et sont plus élevés dans les lots nourris avec les aliments composés.

Les pourcentages de survie moyens en fin d'expérience, pour les larves nourries avec les proies planctoniques (vivantes et congelées) et l'aliment composé à base de levure et de foie de boeuf sont relativement élevés (supérieurs à 79 %) et ne diffèrent pas significativement entre eux; seul l'aliment composé du type Trouvit conduit à une survie faible (31,7 %), significativement différente de celles observées pour les cinq autres régimes.

Expérience 2

Comme dans l'expérience 1, la croissance du lot nourri avec les nauplii d'*Artemia* vivantes est remarquable et apparaît significativement plus élevée que celle obtenue pour les autres lots ($p < 0,05$; *fig.* 1B). Les larves atteignent 236,3 mg en 14 jours, tandis qu'elles pèsent 142,5 mg, 78,4 mg, 57,1 mg et 30,2 mg lorsqu'elles reçoivent respectivement les nauplii d'*Artemia* congelées, les *Moina* congelés, les *Moina* vivants et l'aliment composé à base de levure et de foie de boeuf (*tabl.* 3.1). Les coefficients de variation de ces poids finaux varient selon les lots de 25,2 à 36,0 %.

Les pourcentages de survie en fin d'expérience sont compris entre 60,7 % et 73,3 % et ne diffèrent pas significativement, selon les traitements (*tabl.* 3.1).

3.4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Le présent travail montre que, pour l'élevage larvaire de *Heterobranchus longifilis*, les nauplii d'*Artemia* peuvent être entièrement remplacées par les cladocères (*Moina micrura*) ou par un aliment composé. Les pourcentages de survie obtenus avec ces deux derniers aliments sont aussi élevés que ceux obtenus avec les nauplii d'*Artemia*, mais les croissances restent plus faibles.

Chez *Heterobranchus*, les nauplii d'*Artemia* vivantes permettent d'obtenir la meilleure croissance et une bonne survie après 12 jours de nourrissage. Ceci confirme les résultats obtenus par Legendre *et al.* (1991) qui rapportent des taux de survie de 70 à 85 % après 15 jours d'élevage pour des larves nourries avec des nauplii d'*Artemia* vivantes ou congelées. Ces résultats sont également à rapprocher de ceux obtenus chez un autre clariidae, *Clarias gariepinus*, pour lequel un mélange d'*Artemia* vivants et de Trouvit 000 conduit à une bonne survie (67-87 %) et à une croissance rapide (455-501 mg), après 4 semaines d'élevage (Hogendoorn, 1980). Knud-Hassen *et al.* (1990) ont aussi montré que, chez *Clarias batrachus*, les nauplii d'*Artemia* constituent un bon aliment de départ pour l'élevage larvaire et permettent d'obtenir plus de 86 % de survie après 7 jours d'élevage.

Chez *H. longifilis*, quelle que soit la présentation, les nauplii d'*Artemia* entraînent une croissance plus élevée que les *Moina*. Ceci pourrait être lié à la valeur nutritive des proies (*Artemia* et *Moina*) distribuées.

Nos résultats montrent également que les larves nourries avec des proies congelées ont un taux de survie aussi élevé que celles alimentées avec des proies vivantes mais avec une croissance plus faible. Au moment de la distribution des repas, les proies vivantes se répartissent dans les bacs d'élevage et ne sont pas toutes consommées immédiatement. De ce fait, on pourrait considérer qu'une partie d'entre elles sont en permanence disponibles pour les larves. De plus, une perte de valeur alimentaire à la décongélation pourrait expliquer les différences constatées entre proies vivantes et proies congelées dans les élevages larvaires (Kentouri, 1981; Grabner *et al.*, 1981; Medgysey et Wieser, 1982). Un aliment congelé perd rapidement son pouvoir attractant après un séjour prolongé dans l'eau (Kentouri, 1978). L'activité enzymatique décroît rapidement (plus de 75 %) après quelques minutes de trempage.

Les larves nourries avec les *Moina* congelés atteignent un poids moyen final plus élevé que celles nourries avec les *Moina* vivants. On pense que ceci est dû aux nombres de proies disponibles plus importants pour les *Moina* congelés que pour les *Moina* vivants. Des observations de contenus stomacaux confirment ce résultat. Il est intéressant de noter que dans ces deux expériences, la croissance commence à se différencier entre J8 et J11 (fig. 3.1 A,B). C'est aussi à partir de ce moment là qu'apparaît un problème avec la

culture de *Moina* qui contient plus de copépodes que de *Moina*. En même temps, il est à noter le développement d'éphippies (oeufs resistance) dans le bassin d'élevage de *Moina*, que l'on trouve également dans le tractus digestif des larves. Ces éphippies ne sont pas digérés par les larves et ceci pourrait expliquer la faible croissance chez les larves nourries avec les *Moina* vivants.

L'utilisation exclusive d'aliment composé à la place de proies planctoniques pour l'élevage larvaire de *H. longifilis* conduit aussi à des résultats encourageants. L'aliment à base de levure et de foie de boeuf donne un taux de survie aussi élevé mais avec une croissance plus lente. Une faible accessibilité des larves à l'aliment et les carences nutritionnelles des aliments composés sont probablement à l'origine de ces faibles vitesses de croissance. Dabrowski *et al.* (1986) observent également pour des larves de corégones nourries de particules composées, des taux de survie comparables, voire légèrement supérieurs, à ceux des lots témoins sur proies vivantes. Cependant, les croissances restent meilleures avec ces dernières. Uys et Hecht (1985) obtiennent, chez les larves de *Clarias gariepinus*, un poids moyen de 15,87 mg en 11 jours d'élevage en les nourrissant avec un aliment sec à base de levure *Candida utilis* et de farine de poisson.

La faible croissance et la mauvaise survie obtenues avec l'aliment du commerce pour alevins de truite montrent l'inadéquation de ce régime pour démarrer l'élevage larvaire chez *H. longifilis*. Il semble que ces résultats négatifs obtenus avec l'aliment commercial soient imputables aux caractéristiques physiques de l'aliment et à sa valeur alimentaire, mal adaptées aux exigences nutritionnelles des larves. Ceci rejoint les observations de Hogendoorn (1980) et de Verreth et Van Tongeren (1989), qui signalent, chez *Clarias gariepinus*, une croissance très ralentie lorsque les poissons reçoivent un aliment commercial du type Trouvit comme premier aliment.

D'un point de vue pratique, bien que les nauplii d'*Artemia* constituent un excellent aliment pour pour l'élevage larvaire de *H. longifilis*, l'utilisation de l'*Artemia* n'apparaît pas totalement satisfaisante dans le contexte de la Côte-d'Ivoire ou dans celui de nombreux pays africains où elle doit être importée. Une voie qui paraît prometteuse est celle de l'utilisation d'aliment composé à base de levure et de foie de boeuf, car il permet d'obtenir une survie aussi élevée qu'avec l'*Artemia*, bien que la croissance soit beaucoup plus faible à celle obtenue avec l'*Artemia*. De ce fait, nous préconisons un démarrage de l'élevage larvaire de *H. longifilis* avec l'aliment composé, à base de levure et de foie de boeuf, qui peut éventuellement être amélioré par ajout ou retrait de certains ingrédients. Des études approfondies sur les besoins nutritionnels spécifiques des larves demanderaient à être réalisées.

CHAPITRE IV(*)

INFLUENCE DES LIPIDES ALIMENTAIRES SUR LA CROISSANCE ET LA COMPOSITION EN ACIDES GRAS DES LARVES ET ALEVINS

4.1. INTRODUCTION

Chez *H. longifilis*, les nauplii d'*Artemia* constituent un excellent aliment de départ durant la phase d'alevinage, qui permet d'obtenir à la fois une croissance rapide et une survie élevée (Legendre *et al.*, 1991b). Toutefois, l'*Artemia* s'avère peu adaptée pour une application dans nombreux pays africains, du fait de son coût et de la nécessité d'une importation. Récemment, l'utilisation d'un aliment composé, efficace chez *Coregonus schinzi palea* et *Cyprinus carpio* (Bergot *et al.*, 1986; Charlon *et al.*, 1986), a permis d'obtenir chez *H. longifilis* une survie aussi élevée qu'avec les nauplii d'*Artemia*, mais avec une croissance plus faible au cours des deux premières semaines d'élevage (chapitre III). Cette faible croissance pourrait être, au moins en partie, liée à une couverture inadéquate des besoins nutritionnels, en particulier des besoins lipidiques.

En général, chez les poissons, les lipides et plus particulièrement les acides gras, sont indispensables pour la survie, la croissance, la santé et la reproduction (Castell, 1979; Watanabe, 1982; Kaushik, 1990). Plusieurs travaux indiquent que les besoins en acides gras essentiels peuvent différer de manière importante chez les poissons continentaux d'eau

(*) Ce chapitre a fait l'objet d'une communication:

Legendre M., N. Kerdchuen, G. Corraze, P. Bergot, 1990. Influence des lipides alimentaires sur la croissance et la composition en acides gras des larves de silure africain, *Heterobranchius longifilis* (Clariidae). Colloque du GCS-BBA, 5-7 sept. 1990, Guidel, France, 2 p.

chaude et d'eau froide (Kanazawa, 1985; Stickney et Hardy, 1989). Parmi les poissons tropicaux d'eau douce, les tilapias ont un besoin plus important en acides gras (AG) de la série n-6 qu'en AG de la série n-3 (Kanazawa *et al.*, 1980; Teshima *et al.*, 1982; Takeuchi *et al.*, 1983). En revanche, chez la truite comme chez le corégone et chez le poisson-chat américain, les acides gras indispensables sont de la série n-3 (Watanabe *et al.*, 1974; Satoh *et al.*, 1989; Watanabe *et al.*, 1989). Cependant, chez les autres espèces de poissons étudiées, les AG de la série n-3, en particulier le 18:3n-3, et de la série n-6 (18:2n-6) ont déjà tous deux été identifiés comme des AG essentiels chez la carpe, l'anguille et le saumon "chum" (Kanazawa, 1985).

A notre connaissance, aucun travail n'a jusqu'à présent été réalisé sur les besoins lipidiques des larves chez les clariidés. Ce chapitre a donc pour objet d'étudier l'influence des lipides alimentaires sur la survie et la croissance des larves et des alevins de *H. longifilis*.

4.2. MATERIEL ET METHODES

Deux expériences ont été réalisées afin d'étudier l'influence des lipides alimentaires sur la survie, la croissance et la composition en acides gras des larves et alevins de *H. longifilis*. La durée totale de chaque expérience a été de 15 jours.

4.2.1. Conditions expérimentales

Expérience 1

Douze lots de 400 larves âgées de 2 jours (après résorption de la vésicule vitelline) ont été constitués et maintenus dans une série de petits bacs en PVC d'un volume utile de 40 litres, alimenté en eau de ville recyclée. Pendant la période d'élevage, la température de l'eau s'est maintenue entre 27 et 29 °C et la concentration en oxygène dissous était comprise entre 6 et 7 mg.l⁻¹. Tous les jours, un nettoyage des bacs a été effectué afin de récupérer les déchets et les restes de nourriture non consommés.

Expérience 2

Cette expérience a été réalisée dans des conditions analogues à celles de l'expérience 1. Huit lots de 400 larves et quatre lots de 800 larves ont été maintenus en eau recyclée en bac de 40 litres et nourris avec 4 aliments différents. Chaque régime expérimental a été testé sur trois lots, dont deux lots de 400 larves et un lot de 800 larves. En outre, un lot d'environ 1500 larves a aussi été maintenu à jeun et sacrifié à l'âge de 6 jours. Pendant la période d'élevage, la température de l'eau s'est maintenue entre 27 et 29 °C et la concentration en oxygène dissous était comprise entre 6 et 7 mg.l⁻¹.

4.1.2. Alimentation

Les régimes expérimentaux utilisés dans les deux expériences ont été obtenus auprès du laboratoire d'Elevage larvaire à la station d'hydrobiologie de Saint Pée sur Nivelle.

Expérience 1

Six aliments ont été testés: les nauplii d'*Artemia salina* vivantes (ART) qui servent de référence et cinq aliments expérimentaux composés d'un même régime de base et ne variant que par la nature de l'huile incorporée. Les huiles utilisées sont respectivement les huiles de palme (PAL), de coprah (COP), d'arachide (ARA), de coton (COT) et de foie de morue (HFM). La composition de ces aliments est présentée dans le *tableau 4.1*. Chaque régime expérimental a été testé sur deux lots de poissons.

La composition en acides gras (AG) des différents régimes est présentée dans le *tableau 4.2*. Les nauplii d'*Artemia* (ART) ont une forte teneur en acides gras de la série n-3 (AG n-3), en particulier l'acide linoléique (18:3n-3), et une faible teneur en acides gras de la série n-6 (AG n-6). Une absence totale des acides gras longs polyinsaturés (AGLPI) de la série n-3 (20:4, 22:5 et 22:6) et de la série n-6 (20:3, 20:4 et 22:4) est également observée. Parmi les aliments composés, le régime contenant de l'huile de foie de morue (HFM) montre aussi une forte teneur en acides gras de la série n-3, caractérisée par l'acide eicosapentaénoïque (20:5n-3) et l'acide docosahexaénoïque (22:6n-3). En revanche, pour les aliments contenant des huiles végétales, les régimes contenant des huiles d'arachide (ARA) et de coton (COT) ont une forte teneur en AG n-6. Le régime contenant de l'huile de palme (PAL) montre une position intermédiaire avec plus d'AG n-6 que d'AG n-3. Le régime contenant de l'huile de coprah (COP) est riche en acides gras saturés. Dans tous les

Tableau 4.1. - Formulation centésimale des régimes testés (expérience 1).

Ingrédients	Régime				
	PAL	COP	ARA	COT	HFM
Foie frais de génisse	30	30	30	30	30
Levure "Protibel"	50	50	50	50	50
Mélange vitaminique ⁽¹⁾	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5
Mélange minéral ⁽²⁾	5,0	5,0	5,0	5,0	5,0
Huile de palme	7,5	-	-	-	-
Huile de coprah	-	7,5	-	-	-
Huile d'arachide	-	-	7,5	-	-
Huile de coton	-	-	-	7,5	-
Huile de foie de morue	-	-	-	-	7,5

(1) EIFAC (1971).

(2) Luquet (1971).

Tableau 4.3. - Formulation centésimale des différents aliments tests (expérience 2).

Ingrédients	Régime		
	100 PAL	80 PAL & 20 HFM	60 PAL & 40 HFM
Foie frais de génisse	30	30	30
Levure "Protibel"	50	50	50
Mélange vitaminique ⁽¹⁾	7,5	7,5	7,5
Mélange minéral ⁽²⁾	5,0	5,0	5,0
Huile de palme	7,5	6,0	4,5
Huile de foie de morue	-	1,5	3,0

(1) EIFAC (1971).

(2) Luquet (1971).

Tableau 4.2. - Composition en acides gras des différents régimes (expérience 1).

ART: nauplii d'*Artemia salina*; PAL: aliment composé avec huile de palme; COP: aliment composé avec huile de coprah; ARA: aliment composé avec huile d'arachide; COT: aliment composé avec huile de coton; HFM: aliment composé avec huile de foie de morue.

	ART	PAL	COP	ARA	COT	HFM
8:0	0,00	0,00	6,11	0,00	0,00	0,00
10:0	0,00	0,19	6,24	0,17	0,20	0,21
12:0	0,00	0,34	37,63	0,14	0,27	0,21
14:0	1,74	0,86	11,97	0,43	0,94	4,27
15:0	0,19	0,23	0,15	0,20	0,20	0,43
Iso16	0,00	0,28	0,18	0,19	0,12	0,19
16:0	35,61	29,65	9,00	13,09	23,31	13,93
17:0	1,37	0,39	0,28	0,39	0,43	0,71
Iso18	0,00	0,00	0,01	0,00	0,10	0,36
18:0	3,26	9,45	6,07	8,25	7,65	8,12
20:0	0,00	0,16	0,00	0,60	0,03	0,08
22:0	0,00	0,00	0,00	0,85	0,00	0,00
Σ Saturé	42,17	41,55	77,64	24,31	33,25	28,51
14:1	1,28	0,19	0,22	0,28	0,18	0,75
15:1	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
16:1	3,79	2,34	1,60	2,45	2,55	9,80
17:1	0,67	0,00	0,00	0,01	0,04	0,13
18:1	21,84	36,38	10,78	47,13	19,91	25,38
20:1	0,21	0,08	0,02	0,52	0,08	5,51
22:1	0,00	0,00	0,00	0,12	0,30	2,84
Σ Mono	28,16	38,99	12,62	50,51	23,06	0,30
16:2n-6	0,27	0,14	0,09	0,13	0,15	0,30
16PUFAn-6	1,30	0,52	0,35	0,49	0,52	1,15
18:2n-6	4,18	12,67	4,86	18,39	36,75	6,68
18:3n-6	0,00	0,11	0,08	0,09	0,11	0,17
20:2n-6	0,00	0,09	0,03	0,05	0,04	0,15
20:3n-6	0,00	1,08	0,85	1,04	1,00	1,24
20:4n-6	0,00	1,26	1,00	1,21	1,14	1,61
22:4n-9	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,16
22:4n-6	0,00	0,22	0,16	0,20	0,20	0,27
Σ PUFA n-6	5,75	16,09	7,42	21,60	39,91	11,73
18:3n-3	19,08	0,96	0,61	0,84	0,96	1,38
18:4n-3	2,63	0,00	0,00	0,00	0,03	1,36
20:3n-3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,04
20:4n-3	0,00	0,17	0,13	0,15	0,22	0,48
20:5n-3	1,80	0,31	0,25	0,37	0,38	4,58
22:4n-3	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
22:5n-3	0,00	1,11	0,80	1,11	1,06	2,01
22:6n-3	0,00	0,27	0,20	0,31	0,26	3,96
Σ PUFA n-3	23,51	2,82	1,99	2,78	2,91	13,81
Sat/PUFA	1,44	2,20	8,25	1,00	0,78	1,12
Σ n-3/Σ n-6	4,09	0,18	0,27	0,13	0,07	1,18

régimes testés, l'AG de la série n-6 quantitativement le plus important est représenté par l'acide linoléique (18:2n-6). Pour les régimes contenant des huiles végétales, les AG n-3 les plus abondants sont le 18:3n-3 et le 22:5n-3.

Expérience 2

Quatre aliments ont été testés: les nauplii d'*Artemia salina* vivantes (ART) et trois aliments expérimentaux de même formulation que dans l'expérience 1 à l'exception des huiles incorporées. Ces dernières sont l'huile de palme (100 PAL), un mélange de 80 % d'huile de palme et de 20 % d'huile de foie de morue (80 PAL & 20 HFM) et un mélange de 60 % d'huile de palme et 40 % d'huile de foie de morue (60 PAL & 40 HFM). La formulation détaillée est présentée dans le *tableau* 4.3.

La composition en acides gras (AG) des différents aliments tests est présentée dans le *tableau* 4.4. La constitution en AG des nauplii d'*Artemia* est analogue de celle décrite dans l'expérience 1. Elle contient beaucoup plus d'acides gras de la série n-3 que d'AG de la série n-6. Pour les aliments composés, les teneurs en AG n-3 varient de 0,4 à 1,0 % de l'aliment et sont plus élevées dans l'aliment qui renferme le plus d'huile de foie de morue. Pour les AG n-6, les teneurs sont comprises entre 1,98 et 2,27 % de l'aliment et sont plus élevées dans le régime contenant 100 % d'huile de palme. Ainsi, les rapports entre AG n-3 et AG n-6 se situent entre 0,17 et 0,52. Dans les régimes contenant un mélange des huiles de palme et de foie de morue (80 PAL & 20 HFM et 60 PAL & 40 HFM), les AG n-3 les plus représentés sont le 20:5, le 22:5 et le 22:6, tandis que pour le régime 100 PAL, le 22:5 est le plus abondant. Quel que soit le régime, les AG de la série n-6 sont principalement représentés par l'acide linoléique (18:2).

Dans chaque expérience, l'aliment a été distribué à la main, *ad libitum*, en 6 repas quotidiens, à 6h, 10h, 14h, 18h, 22h et 2h et ce, pendant toute la durée d'expérience. Les aliments composés ont été fournis sous forme de microparticules de 100 à 200 μm , de 200 à 400 μm et de 400 à 600 μm pour les poissons âgés de 2 à 6 jours, de 6 à 11 jours et de 11 à 17 jours respectivement.

4.2.3. Echantillonnage et méthodes d'analyses

Dans les deux expériences, 10 poissons à l'âge de 5, 8, 11, 14 jours et 50 poissons à l'âge de 17 jours ont été pêchés dans chaque lot de manière aléatoire puis pesés individuellement sur une balance analytique ($P \pm 0,01$ mg) afin d'effectuer le suivi de la

Tableau 4.4. - Composition en acides gras des différents aliments tests (expérience 2).

ART: nauplii d'*Artemia salina*; 100 PAL: aliment composé avec 100 % d'huile de palme; 80 PAL & 20HFM: aliment composé avec un mélange de 80 % d'huile de palme et 20 % d'huile de foie de morue; 60 PAL & 40HFM: aliment composé avec un mélange de 60 % d'huile de palme et 40 % d'huile de foie de morue.

	ART	100 PAL	80 PAL & 20 HFM	60 PAL & 40 HFM
8:0	0,00	0,00	0,00	0,00
10:0	0,00	0,05	0,00	0,00
12:0	0,00	0,20	0,21	0,17
14:0	1,83	1,00	1,56	2,16
15:0	0,21	0,25	0,25	0,33
Iso16	0,00	0,06	0,00	0,00
16:0	32,44	34,58	33,97	30,43
17:0	1,49	0,70	0,79	0,89
Iso18	0,00	0,00	0,00	0,00
18:0	3,84	8,27	7,62	8,27
20:0	0,00	0,16	0,00	0,12
22:0	0,00	0,00	0,00	0,00
Σ Saturé	39,81	45,27	44,40	42,37
14:1	1,50	0,23	0,27	0,32
15:1	0,60	0,00	0,00	0,00
16:1	4,54	2,07	2,46	3,73
17:1	0,36	0,00	0,00	0,03
18:1	26,24	36,45	34,94	32,31
20:1	0,00	0,04	0,89	1,86
22:1	0,00	0,00	0,34	0,85
Σ Mono	33,24	38,78	38,90	39,11
16:2n-6	0,28	0,16	0,12	0,32
16PUFAn-6	1,55	0,37	0,42	0,72
18:2n-6	4,30	10,10	9,46	8,21
18:3n-6	0,00	0,10	0,00	0,08
20:2n-6	0,00	0,00	0,00	0,00
20:3n-6	0,00	0,75	0,62	0,78
20:4n-6	0,00	1,72	1,66	1,83
22:4n-9	0,00	0,00	0,00	0,00
22:4n-6	0,00	0,19	0,10	0,20
Σ PUFA n-6	6,13	13,40	12,38	12,15
18:3n-3	17,24	0,52	0,59	0,77
18:4n-3	1,85	0,15	0,35	0,85
20:3n-3	0,00	0,00	0,00	0,00
20:4n-3	0,00	0,04	0,19	0,20
20:5n-3	1,30	0,35	0,94	1,78
22:4n-3	0,00	0,00	0,00	0,00
22:5n-3	0,00	0,98	0,72	1,05
22:6n-3	0,00	0,31	0,79	1,65
Σ PUFA n-3	20,39	2,34	3,58	6,29
Sat/PUFA	1,50	2,88	2,78	2,30
Σ n-3/Σ n-6	3,33	0,17	0,29	0,52

croissance. En fin d'expérience, tous les poissons restants dans chaque lot ont été comptés afin de déterminer le pourcentage de survie.

La composition en acides gras des aliments, des ovules, des larves et des alevins a été déterminée sur les lipides totaux par chromatographie en phase gazeuse à la station d'hydrobiologie de Saint-Pée sur Nivelle.

Dans l'expérience 1, la composition en acides gras (AG) a été déterminée sur des échantillons d'ovules, de larves à l'âge de 2 jours (après résorption de la vésicule vitelline) et d'alevins nourris avec les différents régimes à l'âge de 17 jours.

Dans l'expérience 2, les analyses de la composition en acides gras ont été effectuées d'une part, sur le lot maintenu à jeun et sacrifié à l'âge de 6 jours et, d'autre part, sur des lots d'environ 800 larves ayant reçu les différents aliments tests et sacrifiés à l'âge de 8 ou 17 jours.

Analyse statistique: les pourcentages de survie et les poids finaux ont été comparés par une analyse de variance à 1 facteur et les lots expérimentaux homogènes recherchés par le test de Duncan. L'analyse des correspondances a été employée pour caractériser de manière synthétique la composition des régimes et des alevins en acides gras.

4.3. RESULTATS

4.3.1. Expérience 1

4.3.1.1. *Survie et croissance*

Les pourcentages de survie obtenus après l'élevage des larves jusqu'à l'âge de 17 jours (15 jours de nourrissage après la résorption vitelline), sont assez élevés et compris entre 71 et 87 % selon les régimes (*tabl. 4.5*). Bien qu'une tendance à une survie plus faible soit observée avec le régime contenant de l'huile de foie de morue, aucune différence significative n'est mise en évidence entre les pourcentages de survie obtenus avec les différents aliments distribués.

Les poids moyens finaux varient de 79 à 289 mg selon les régimes (*fig. 4.1; tabl. 4.5*). Les coefficients de variation sont relativement homogènes et compris entre 29,0

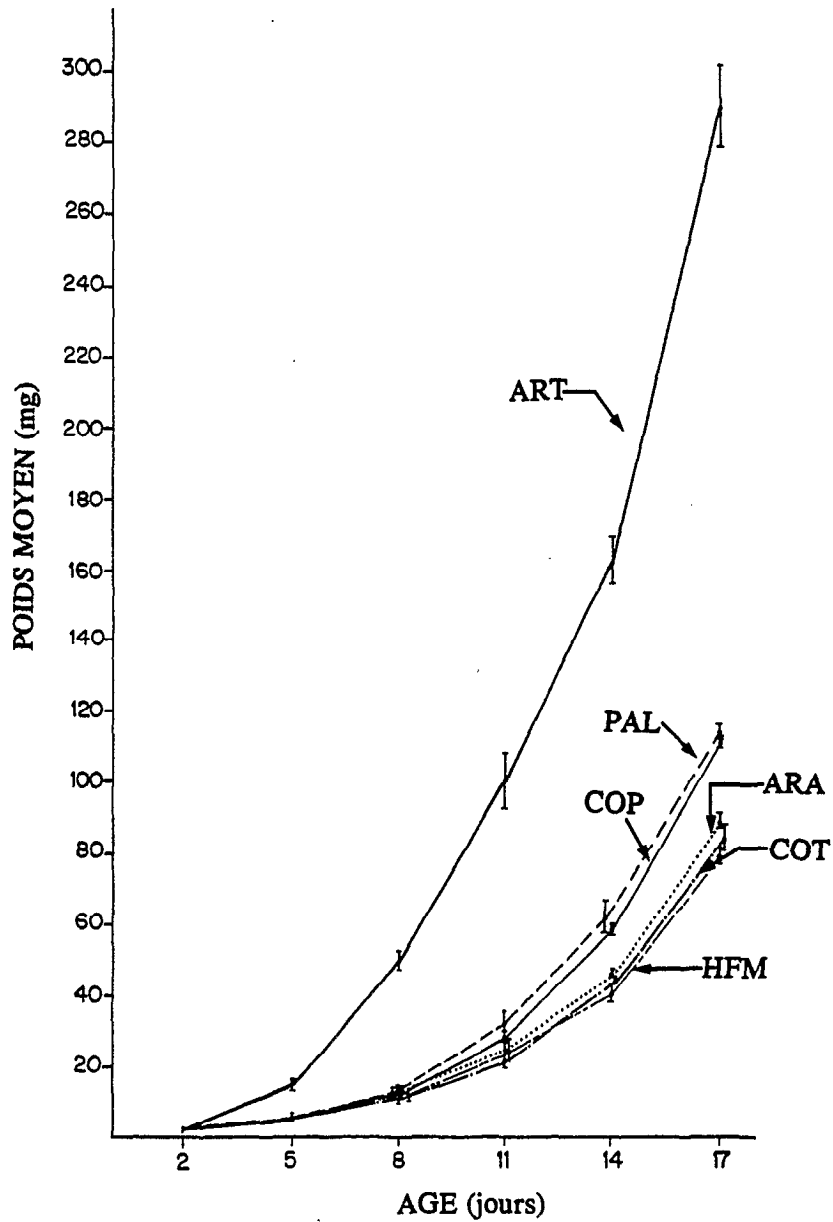


Figure 4.1. - Croissance pondérale de *H. longifilis* en fonction de différents régimes après 15 jours de nourrissage.

ART: nauplii d'*Artemia salina*; PAL: aliment composé avec huile de palme; COP: aliment composé avec huile de coprah; ARA: aliment composé avec huile d'arachide; COT: aliment composé avec huile de coton; HFM: aliment composé avec huile de foie de morue.

Les barres verticales représentent les écarts entre répliquats.

et 37,6 %. L'analyse de variance montre un effet significatif de différents régimes sur la croissance ($p < 0,05$). Les nauplii d'*Artemia* (ART) conduisent à une croissance beaucoup plus élevée que les aliments composés. Dans ce dernier cas, les poids moyens finaux se situent entre 79,3 et 114,5 mg et sont nettement influencées par la composition lipidique des régimes expérimentaux (tabl. 4.5). Parmi ces aliments secs, les meilleurs résultats sont obtenus avec les régimes contenant de l'huile de palme (PAL) ou de coprah (COP) (114,5 et 110,8 mg respectivement), tandis que la croissance la plus faible est observée avec l'huile de foie de morue (HFM) (79,3 mg; $p < 0,05$). Les régimes contenant les huiles d'arachide (ARA) ou de coton (COT) donnent les résultats intermédiaires (89,2 et 84,2 mg respectivement).

Tableau 4.5. - Poids moyen et pourcentage de survie obtenus à l'issue des 15 premiers jours de nourrissage de *H. longifilis* avec différents régimes expérimentaux (expérience 1).

ART: nauplii d'*Artemia salina*; PAL: aliment composé avec huile de palme; COP: aliment composé avec huile de coprah; ARA: aliment composé avec huile d'arachide; COT: aliment composé avec huile de coton; HFM: aliment composé avec huile de foie de morue.

Les valeurs entre parenthèses indiquent les coefficients de variation.

Régime	Poids moyen final (mg)	Survie (%)
ART	289,2 ^a (37,6)	84,6 ^a
PAL	114,5 ^b (33,0)	82,8 ^a
COP	110,8 ^b (28,8)	86,2 ^a
ARA	89,2 ^c (33,0)	86,8 ^a
COT	84,2 ^{cd} (36,8)	77,5 ^a
HFM	79,3 ^d (29,0)	71,3 ^a

Les chiffres d'une même colonne ayant le même exposant ne diffèrent pas significativement au risque de 5 %.

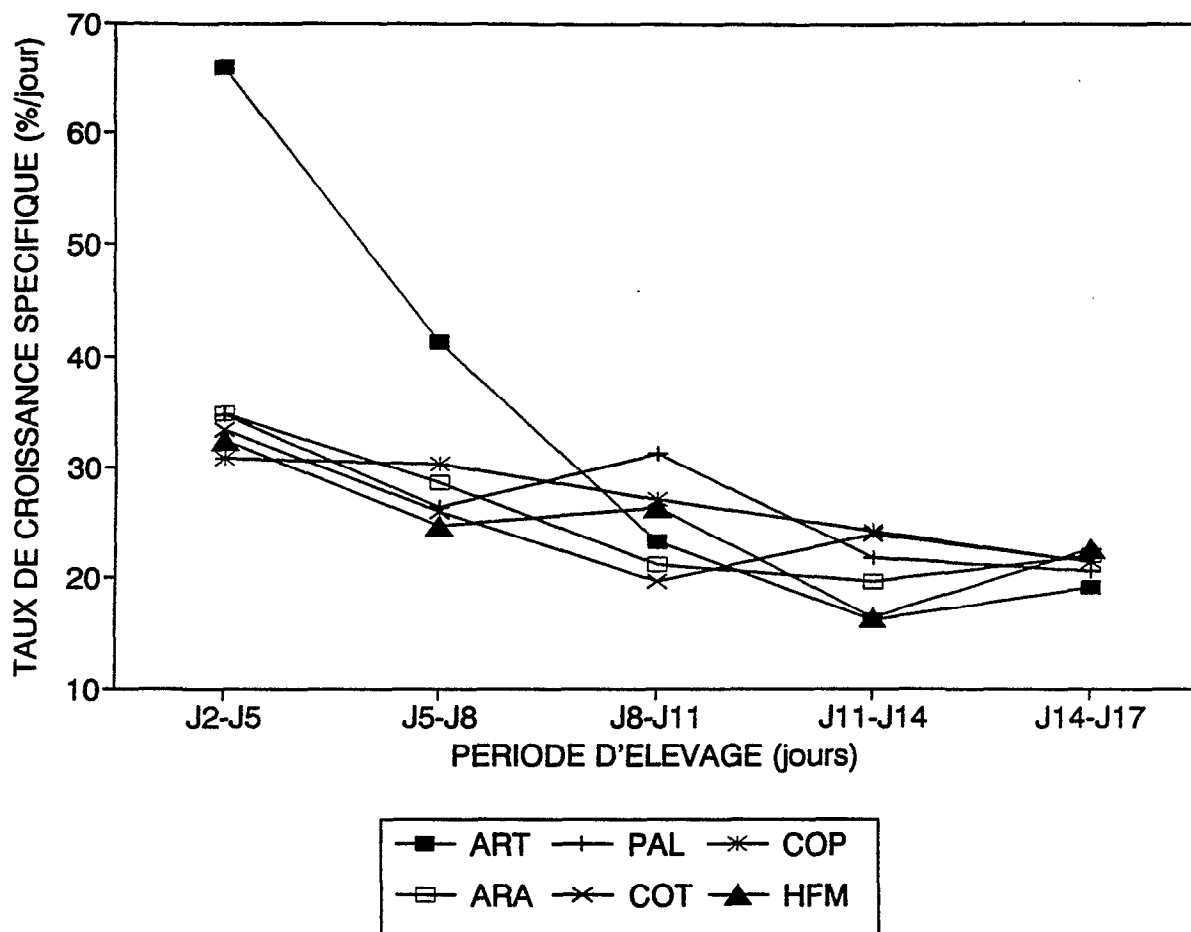


Figure 4.2. - Evolution du taux de croissance spécifique (TCS) en fonction de différents régimes chez *H. longifilis*.

ART: nauplii d'*Artemia salina*; PAL: aliment composé avec huile de palme; COP: aliment composé avec huile de coprah; ARA: aliment composé avec huile d'arachide; COT: aliment composé avec huile de coton; HFM: aliment composé avec huile de foie de morue.

Lorsque l'on examine les résultats en termes de taux de croissance spécifique (TCS; *fig. 4.2*), il apparaît que la différence de croissance entre les lots nourris avec les nauplii d'*Artemia* et ceux recevant les aliments composés se fait essentiellement durant les 8 premiers jours d'élevage. Les TCS observés, entre le 2^e et le 8^e jour d'élevage, pour les lots nourris avec les nauplii d'*Artemia* sont de 53,6 %. j^{-1} , tandis que pour ceux nourris avec les aliments composés, les TCS ne dépassent pas 28,6 à 31,8 %. j^{-1} . En revanche, en fin d'expérimentation, les TCS observés apparaissent très voisins dans tous les lots.

4.3.1.2. Composition en acides gras

- Ovules et larves à l'âge de 2 jours

La composition en acides gras des ovules et des larves à l'âge de 2 jours (après résorption de la vésicule vitelline) est présentée dans la *figure 4.3*. Lors du passage des oeufs aux larves de 2 jours, on observe une augmentation d'AG mono-saturé et une diminution d'AG saturé, d'AG n-3 et d'AG n-6. Dans la composition des oeufs et larves de 2 jours, les AG n-6 sont légèrement supérieurs à ceux de la série n-3 et sont particulièrement concentrés en l'acide linoléique (18:2n-6) et l'acide arachidonique (20:4n-6). Pour les AG n-3, ils sont essentiellement riches en acides gras longs polyinsaturés (C > 20), en particulier l'acide docosahexaénoïque (22:6n-3). La relative pauvreté en acide linoléique (18:3n-3) est ici à noter.

- Alevins nourris jusqu'à l'âge de 17 jours

La composition corporelle en acides gras (AG) des alevins en fin d'expérience reflète celle des aliments (*fig. 4.4*). La composition des alevins recevant le régime PAL est très proche de celle de l'aliment. Les alevins des autres lots ont une composition intermédiaire entre celle des alevins recevant le régime PAL et celle des aliments qu'ils reçoivent.

Pour les lots nourris avec les nauplii d'*Artemia* où la meilleure croissance a été observée, les teneurs en AG n-3 sont plus faibles dans l'alevin que dans la nauplii, tandis que les teneurs en AG n-6 dans l'alevin et la nauplii sont très voisines. La composition corporelle des alevins est plus riche en AG n-3 (18:3n-3) qu'en AG n-6 (*fig. 4.5*). De plus, on constate également la présence des acides gras longs polyinsaturés (AGLPI) de la série n-3 (20:4, 22:5 et 22:6) et des AGLPI de la série n-6 (20:4) dans ces lots de poissons, bien que ces AG n'existent pas dans l'aliment.

Dans les lots nourris avec les aliments composés, les AG n-3 et AG n-6 sont moins concentrés dans les alevins que dans les aliments, à l'exception du lot recevant le

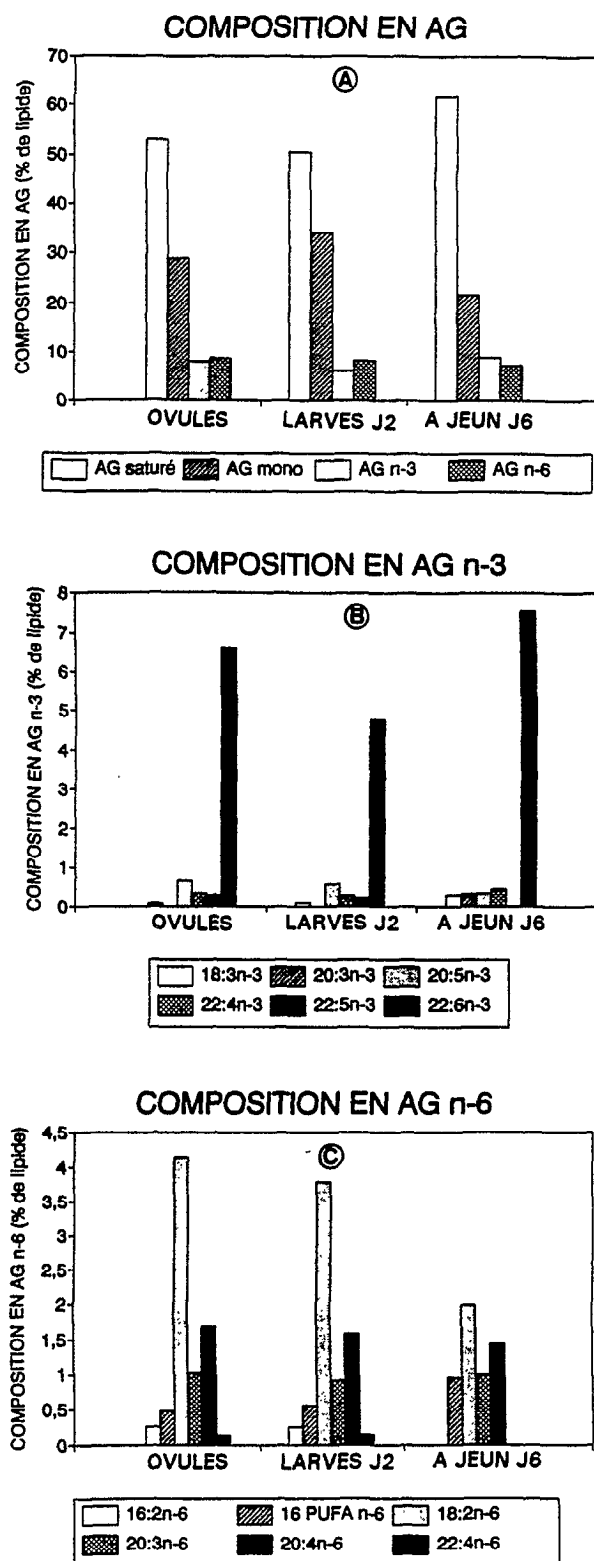


Figure 4.3. - Composition en acides gras (AG) des ovules, des larves à l'âge de 2 jours (résultats de l'expérience 1) et des larves maintenues à jeun jusqu'à l'âge de 6 jours (résultats de l'expérience 2). (A): composition globale pour les principales classes d'AG; (B): AG de la série n-3; (C): AG de la série n-6.

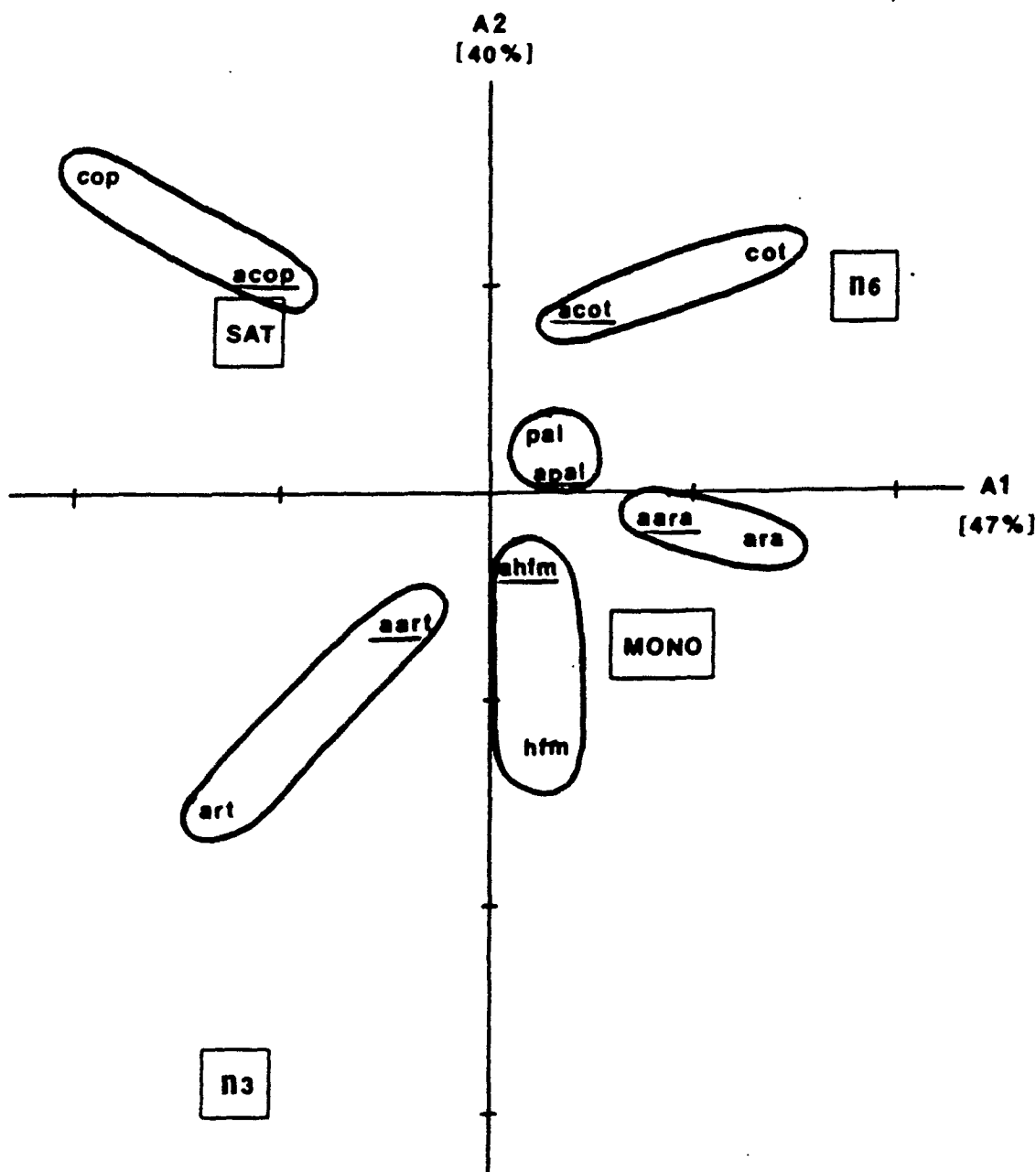


Figure 4.4. - Analyse des correspondances.

Variables actives = classes d'acides gras: **SAT**: acides gras saturés; **MONO**: acides gras mono-saturés; **n-3**: acides gras de la série n-3; **n-6**: acides gras de la série n-6.

Observations actives = régimes: **art**: nauplii d'*Artemia salina*; **pal**: aliment composé avec huile de palme; **cop**: aliment composé avec huile de coprah; **ara**: aliment composé avec huile d'arachide; **cot**: aliment composé avec huile de coton; **hfm**: aliment composé avec huile de foie de morue.

Observations supplémentaires = alevins; **aart**: alevins nourris avec **art**; **apal**: alevins nourris avec **pal**; **acop**: alevins nourris avec **cop**; **aara**: alevins nourris avec **ara**; **acot**: alevins nourris avec **cot**; **ahfm**: alevins nourris avec **hfm**

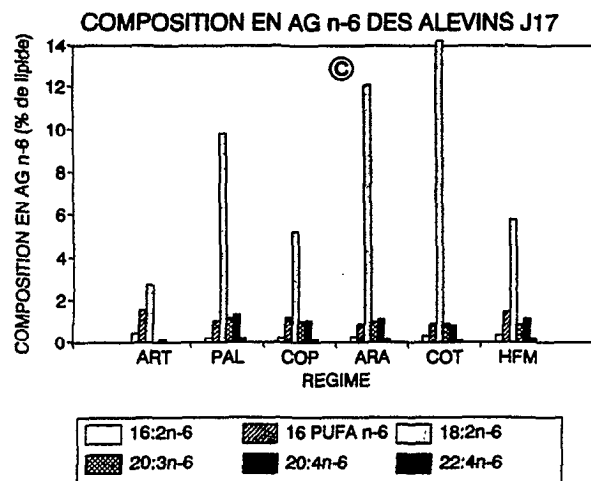
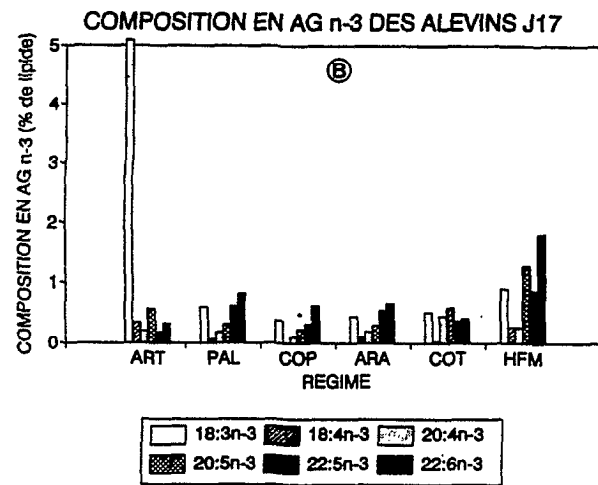
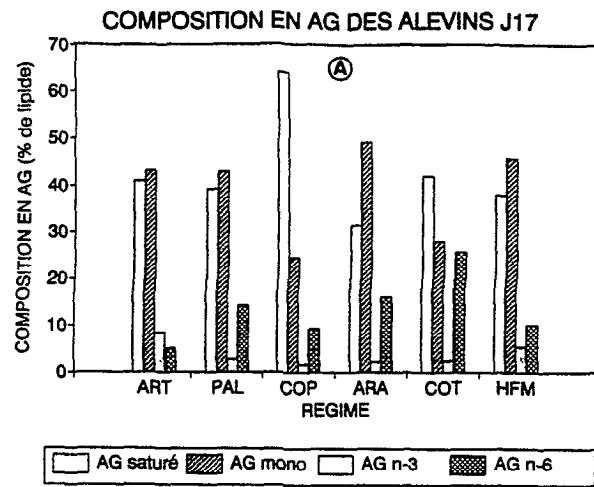


Figure 4.5. - Composition en acides gras (AG) des alevins nourris avec les différents régimes jusqu'à l'âge de 17 jours (expérience 1). (A): composition globale pour les principales classes d'AG; (B): AG de la série n-3; (C): AG de la série n-6.

ART: nauplii d'*Artemia salina*; PAL: aliment composé avec huile de palme; COP: aliment composé avec huile de coprah; ARA: aliment composé avec huile d'arachide; COT: aliment composé avec huile de coton; HFM: aliment composé avec huile de foie de morue.

régime COP où l'AG n-6 est plus concentrée dans l'alevin que dans l'aliment. Dans l'ensemble, la composition en AG des alevins est plus riche en AG n-6 (18:2n-6) qu'en AG n-3 (fig. 4.5). Néanmoins, lorsque l'on analyse des profils des AG n-6, il est à noter que, pour les lots recevant les régimes PAL et COP, l'acide arachinodique (20:4n-6) est plus abondant dans l'alevin que dans l'aliment, tandis que pour les lots nourris avec les régimes ARA, COT et HFM, il est moins concentré dans l'alevin que dans l'aliment distribué. L'acide linoléique (18:2n-6) est moins abondant dans l'alevin que dans l'aliment, à l'exception du régime COP où les teneurs en 18:2n-6 dans l'alevin et l'aliment sont très voisines. En ce qui concerne les AG n-3, il est à noter que, pour les régimes contenant des huiles végétales, l'acide docosahexaénoïque (22:6n-3) est le seul qui soit plus concentré dans l'alevin que dans l'aliment. Le 20:5n-3 est en proportions similaires dans l'alevin et dans l'aliment. Pour les lots nourris avec le régime contenant HFM, le 20:5n-3 et le 22:6n-3 sont moins concentrés dans l'alevin que dans l'aliment.

4.3.2 Expérience 2

4.3.2.1. Survie et croissance

Les pourcentages de survie en fin d'expérience varient de 67 à 75 % selon les régimes. Le régime contenant de 100 % d'huile de palme conduit à une survie légèrement supérieure à celle obtenue avec les autres régimes y compris les nauplii d'*Artemia* ($p < 0,05$; tabl. 4.6).

Après 15 jours de nourrissage, les poids moyens observés dans les différents lots varient de 62 à 360 mg, selon les régimes (fig. 4.6; tabl. 4.6). Les coefficients de variation de ces poids finaux sont compris entre 18 et 37 %; ils sont plus élevés dans les lots nourris avec les aliments composés que dans ceux nourris avec les nauplii d'*Artemia*. L'analyse de variance montre un effet significatif de l'aliment sur la croissance ($p < 0,05$). Les poissons nourris avec l'*Artemia* (ART) ont une croissance très supérieure (360 mg; $p < 0,05$) à ceux nourris avec les aliments composés (62 à 87 mg). Parmi ces aliments composés, l'analyse des comparaisons multiples de moyenne n'indique pas de différence significative dans la croissance des poissons nourris avec l'aliment contenant 100 % d'huile de palme (100 PAL) et celui renfermant un mélange de 80 % d'huile de palme et de 20 % d'huile de foie de morue (80 PAL & 20 HFM). En revanche, l'aliment composé dans lequel l'apport huileux est constitué d'un mélange de 60 % d'huile de palme et de 40 % d'huile de foie de morue (60 PAL & 40 HFM) conduit à une amélioration significative du poids moyen final par rapport à l'aliment contenant 100 % d'huile de palme ($p < 0,05$). Cette amélioration, d'environ 24 %, n'est néanmoins sensible qu'entre le 14^e et le 17^e jour (fig. 4.6).

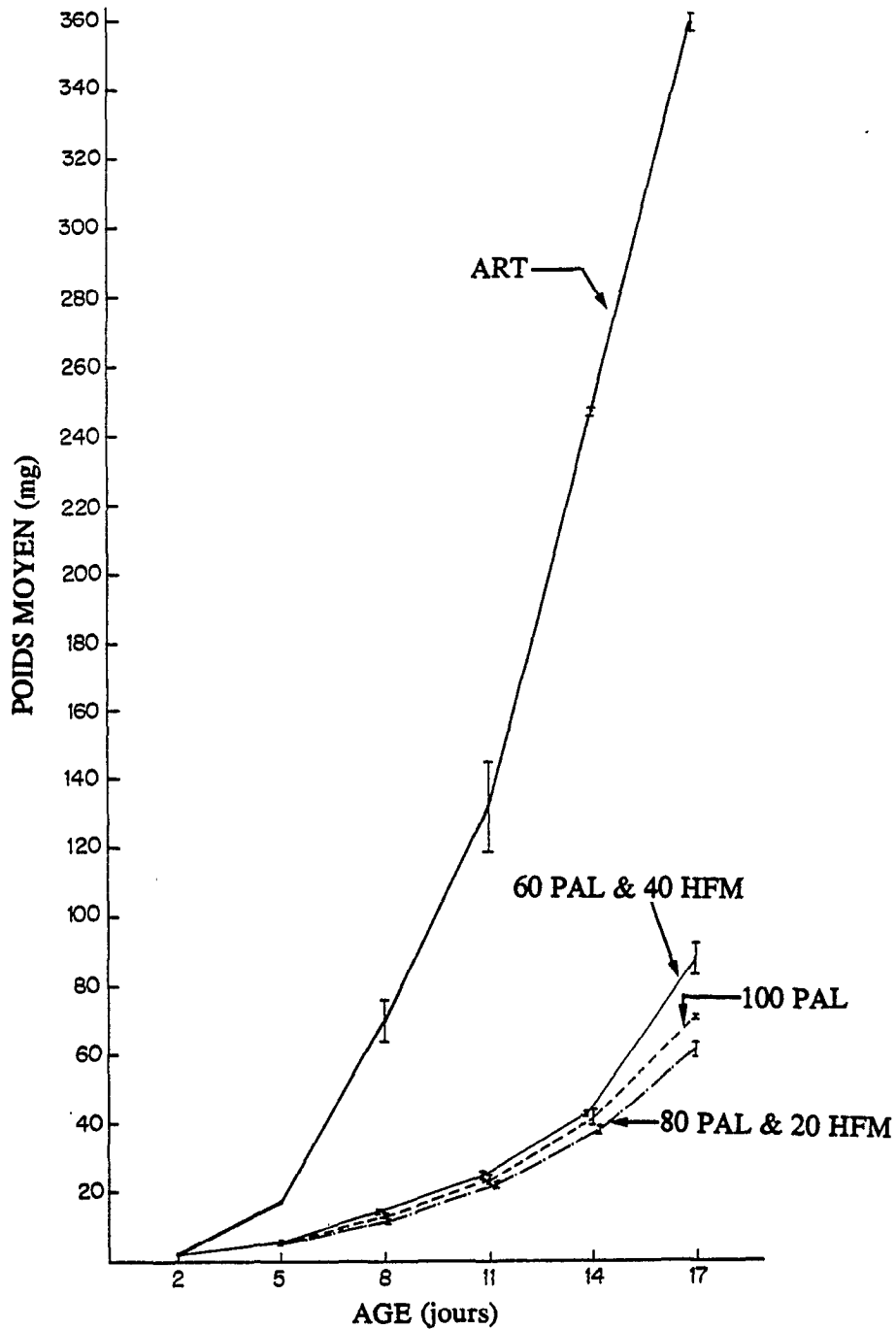


Figure 4.6. - Croissance pondérale de *H. longifilis* en fonction de différents aliments tests après 15 jours de nourrissage (expérience 2).

ART: nauplii d'*Artemia salina*; 100 PAL: aliment composé avec 100 % d'huile de palme; 80 PAL & 20 PAL: aliment composé avec un mélange de 80 % d'huile de palme et 20 % d'huile de foie de morue; 60 PAL & 40 PAL: aliment composé avec un mélange de 60 % d'huile de palme et 40 % d'huile de foie de morue.

Les barres verticales représentent les écarts entre répliqués.

Tableau 4.6. - Poids moyen et pourcentage de survie obtenus à l'issue des 15 premiers jours de nourrissage de *H. longifilis* avec différents aliments tests (expérience 2).

ART: nauplii d'*Artemia salina*; 100 PAL: aliment composé avec 100 % d'huile de palme; 80 PAL & 20 HFM: aliment composé avec un mélange de 80 % d'huile de palme et 20 % d'huile de foie de morue; 60 PAL & 40 HFM: aliment composé avec un mélange de 60 % d'huile de palme et 40 % d'huile de foie de morue.

Les valeurs entre parenthèses indiquent les coefficients de variation.

Régime	Poids moyen final (mg)	Survie (%)
ART	359,6 ^a (18,0)	67,2 ^a
100 PAL	70,6 ^b (29,7)	75,2 ^b
80 PAL & 20 HFM	61,6 ^b (30,7)	67,6 ^a
60 PAL & 40 HFM	87,4 ^c (36,8)	68,9 ^a

Les chiffres d'une même colonne ayant le même exposant ne diffèrent pas significativement au risque de 5 %.

Comme dans la première expérience, à J8, tous les aliments secs conduisent à des résultats analogues. Les poissons nourris avec l'*Artemia* montre une croissance très supérieure à celle obtenue pour les lots recevant les aliments composés (fig. 4.7).

4.3.2.2. Composition en acides gras

- Larves à jeun jusqu'à l'âge de 6 jour

La composition en acides gras (AG) des larves maintenues à jeun jusqu'à l'âge de 6 jours est présentée dans la figure 4.3. Lorsque l'on compare la composition corporelle des larves maintenues à jeun avec des larves de 2 jours (résultats obtenus dans l'expérience 1), les analyses indiquent que la teneur en lipides totaux, initialement de 22,4 % dans les larves de 2 jours, diminue jusqu'à 12,2 % dans celles maintenues à jeun. Pour ces

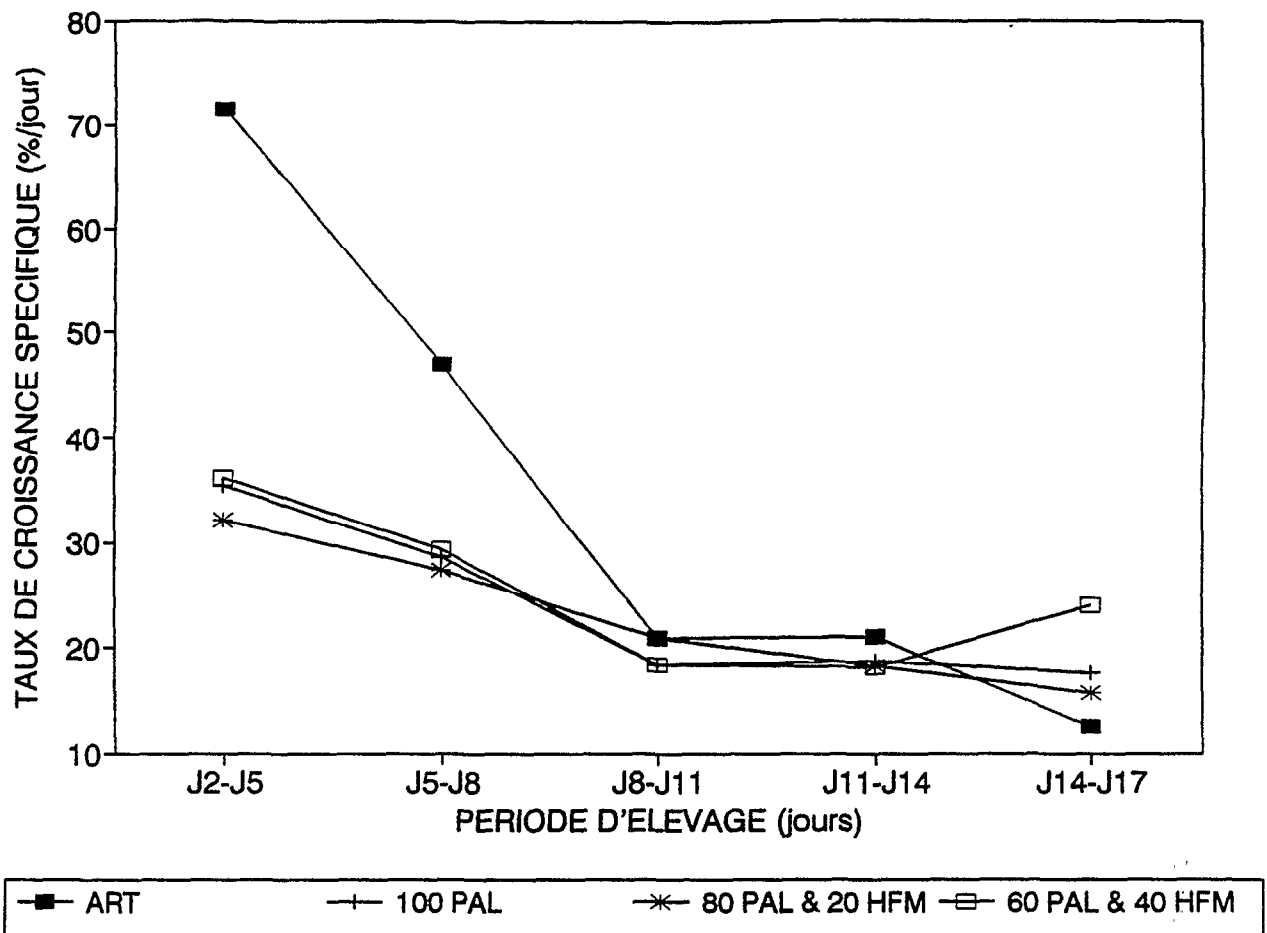


Figure 4.7. - Evolution du taux de croissance spécifique (TCS) en fonction de différents aliments tests chez *H. longifilis* (expérience 2).

ART: nauplii d'*Artemia salina*; 100 PAL: aliment composé avec 100 % d'huile de palme; 80 PAL & 20 PAL: aliment composé avec un mélange de 80 % d'huile de palme et 20 % d'huile de foie de morue; 60 PAL & 40 PAL: aliment composé avec un mélange de 60 % d'huile de palme et 40 % d'huile de foie de morue.

dernières, les AG mono-saturés (le 18:1, notamment), et les AG de la série n-6 (en particulier le 18:2) sont responsables de la diminution. En revanche, les teneurs en AG saturés et AG n-3 (le 22:6, notamment) augmentent légèrement.

Dans la composition en AG des larves maintenues à jeun, la teneur en AG de la série n-3 est légèrement supérieure à celle de la série n-6. Les larves semblent conserver les AG n-3 (en particulier le 22:6) et utiliser principalement les AG n-6 (le 18:2). Par ailleurs, on note également un épuisement de certains acides gras de la série n-6, comme le 16:2 et le 22:4, et de la série n-3 (le 22:5).

- Larves nourries jusqu'à l'âge de 8 jours

Dans l'ensemble, la composition en AG des larves reflète celle de l'aliment. Pour les poissons nourris avec les nauplii d'*Artemia*, la teneur en AG n-3 est moins forte dans les larves que dans l'*Artemia*, en revanche, la teneur en AG-6 est très légèrement supérieure dans les larves. La composition des larves alimentées avec l'*Artemia* (fig. 4.8), montre que la teneur en AG de la série n-3 (en particulier le 18:3) est plus élevée que celle de la série n-6 (le 18:2, notamment). En outre, on note également une apparition de certains AG n-3 (comme le 20:4, le 22:5 et le 22:6) et AG n-6 (le 20:4) dans les larves nourris avec l'*Artemia*.

Pour les lots recevant les aliments composés, les AG n-3 et AG n-6 sont moins concentrés dans les larves que dans les aliments. Les AG n-6 des larves sont plus élevés dans les lots nourris avec le régime contenant l'huile de palme que ceux recevant un mélange d'huile de palme et d'huile de foie de morue (fig. 4.8). Les AG n-3 des larves sont quantitativement similaires, quel que soit le régime qu'elles reçoivent. Les AG de la série n-3 et n-6 les plus abondants sont le 22:6 et le 18:2 respectivement. Par ailleurs, on observe une disparition du 20:4 chez les larves nourries avec les régimes 100 PAL et 80 PAL & 20 HFM, et des 18:4, 20:4 et 22:5 chez les lots nourris avec le régime 60 PAL & 40 HFM.

- Alevins nourris jusqu'à l'âge de 17 jours

La composition en AG des alevins nourris avec l'*Artemia* montre la même évolution que celle des larves de 8 jours.

Pour les poissons nourris avec les aliments composés, les teneurs en AG n-6 (le 18:2) sont plus importantes que celles des AG n-3 et semblent être plus élevées dans les lots nourris avec le régime 100 PAL (fig. 4.9). Les AG n-6 sont dominés par le 18:2 et 20:4. Les teneurs en AG n-3, en particulier le 22:6, s'accroissent avec une augmentation du taux d'huile de foie de morue incorporée dans le régime et sont plus élevées dans le régime

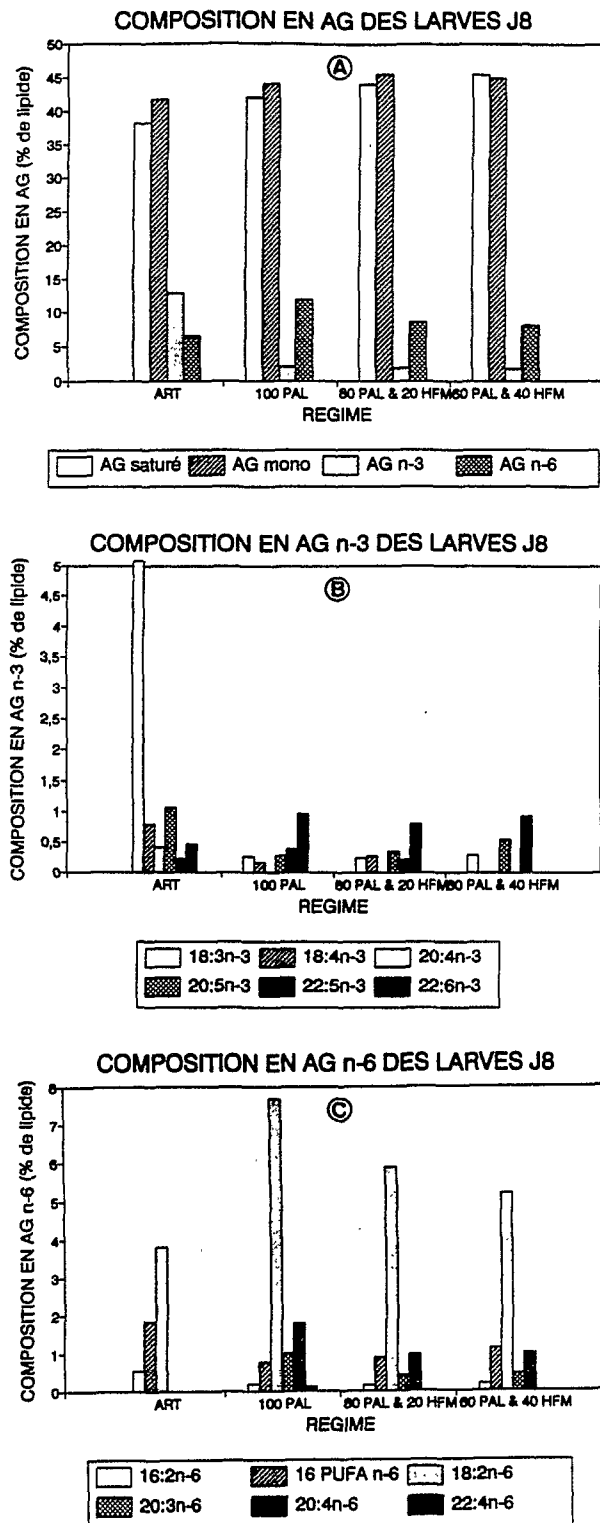


Figure 4.8. - Composition en acides gras (AG) des larves nourries avec les différents aliments tests jusqu'à l'âge de 8 jours (expérience 2). (A): composition globale pour les principales classes d'AG; (B): AG de la série n-3; (C): AG de la série n-6.

ART: nauplii d'*Artemia salina*; 100 PAL: aliment composé avec 100 % d'huile de palme; 80 PAL & 20 PAL: aliment composé avec un mélange de 80 % d'huile de palme et 20 % d'huile de foie de morue; 60 PAL & 40 PAL: aliment composé avec un mélange de 60 % d'huile de palme et 40 % d'huile de foie de morue.

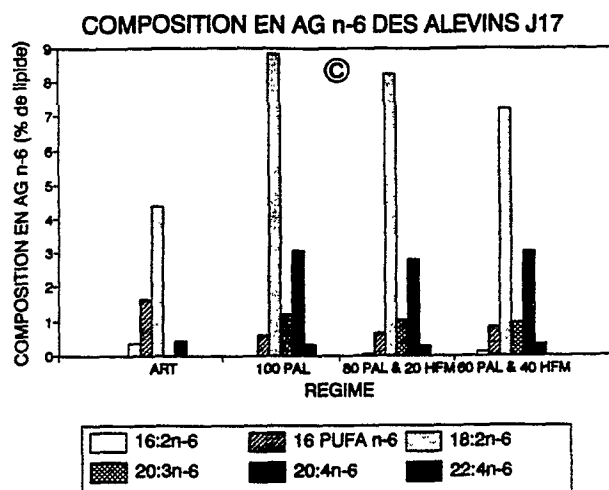
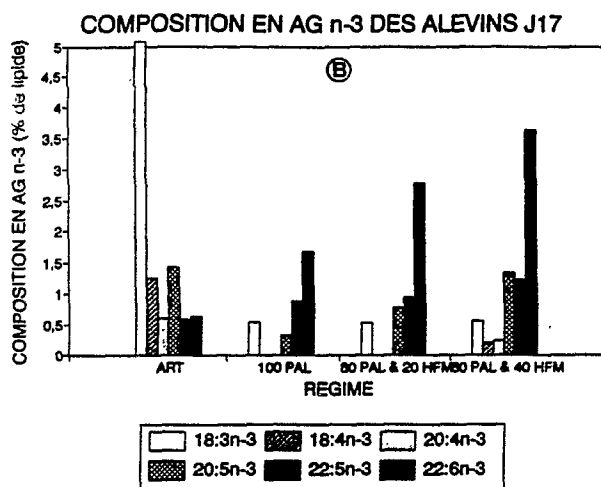
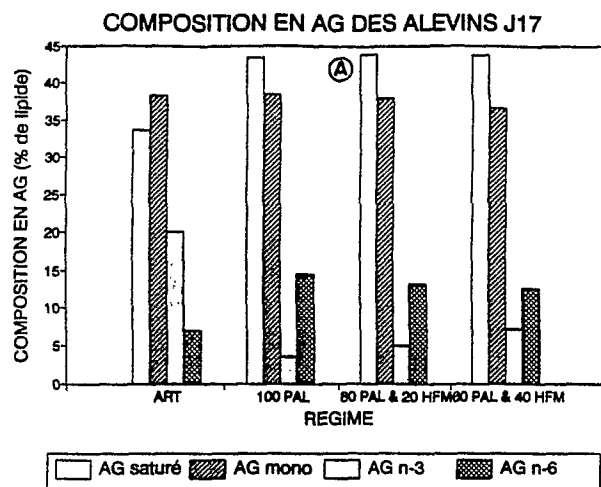


Figure 4.9. - Composition en acides gras (AG) des alevins nourris avec les différents aliments tests jusqu'à l'âge de 17 jours (expérience 2). (A): composition globale pour les principales classes d'AG; (B): AG de la série n-3; (C): AG de la série n-6.

ART: nauplii d'*Artemia salina*; 100 PAL: aliment composé avec 100 % d'huile de palme; 80 PAL & 20 PAL: aliment composé avec un mélange de 80 % d'huile de palme et 20 % d'huile de foie de morue; 60 PAL & 40 PAL: aliment composé avec un mélange de 60 % d'huile de palme et 40 % d'huile de foie de morue.

60 PAL & 40 HFM. Pour les lots nourris avec les régimes 100 PAL et 80 PAL & 20 HFM, on note une absence totale de certains AG n-3, comme le 18:4 et 20:4, alors que pour ceux recevant le régime 60 PAL & 40 HFM, on observe tous les AG n-3 (18:3, 18:4, 20:4, 20:5, 22:5 et 22:6)

4.4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les résultats montrent que, si la survie est élevée dans tous les cas (71 à 86 % et 67 à 75 % dans la première et la deuxième expérience, respectivement), les poids moyens finaux sont fortement influencés par la nature de l'aliment utilisé. Les nauplii d'*Artemia* conduisent à une croissance très supérieure à celle enregistrée avec les différents aliments composés. Cet écart de croissance s'est avéré particulièrement net au cours de la première semaine d'élevage, période durant laquelle les larves ont aussi montré une ingestion beaucoup plus active des *Artemia* que des aliments secs. Ceci n'est pas dû à sa composition en acides gras mais à d'autres composantes, tel que leur composition en acides aminés, une meilleure digestibilité ou plus simplement à une meilleure ingestion par les alevins nourris avec l'*Artemia* que par ceux recevant les aliments composés.

Parmi les aliments composés, les meilleures croissances de *H. longifilis* sont obtenues pour les lots nourris avec les régimes contenant des huiles végétales, en particulier les huiles de palme et de coprah. Ceci semble indiquer que les teneurs en AG n-3 et n-6 présentes dans ces aliments sont dans des proportions favorables à une bonne croissance. En revanche, chez le poisson-chat américain (*Ictalurus punctatus*) la meilleure performance est obtenue lorsque les poissons reçoivent des aliments contenant des huiles animales (Stickney et Andrews, 1971 et 1972). Cette différence est à associer, d'une part, à la composition en acides gras essentiels présentée dans les huiles incorporées et, d'autre part, aux besoins spécifiques des espèces. Parmi les poissons tropicaux d'eau douce, les tilapias ont un besoin plus important en acides gras de la série n-6 qu'en AG de la série n-3 (Kanazawa *et al.*, 1980; Teshima *et al.*, 1982; Takeuchi *et al.*, 1983). En revanche, chez la truite comme chez le corégone et chez le poisson-chat américain, les acides gras indispensables sont de la série n-3 (Watanabe *et al.*, 1974; Satoh *et al.*, 1989; Watanabe *et al.*, 1989). Cependant, chez les autres espèces de poissons étudiées, les AG de la série n-3, en particulier le 18:3n-3, et de la série n-6 (18:2n-6) ont déjà tous deux été identifiés comme des AG essentiels chez la carpe, l'anguille et le saumon "chum" (Kanazawa, 1985).

Chez *H. longifilis*, la croissance des larves paraît diminuée par un excès d'AG n-3 (huile de foie de morue) comme par un excès d'AG n-6 (huile de coton) dans les

aliments. L'effet négatif éventuel d'un excès d'acides gras a été démontré chez les salmonidés où un excès de 18:2n-6, plus de 2 % du régime, peut conduire à des effets dépressifs sur la croissance (Yu et Sinnhuber, 1975). Watanabe (1982) a également montré qu'un excès (supérieur à 4 % du régime) de 18:3n-3 ou d'un mélange de 20:5 et 22:6n-3, peut également entraîner une diminution de la croissance chez la truite arc-en-ciel.

Chez *H. longifilis*, la composition en acides gras des ovules et des larves à l'âge de 2 jours se caractérise essentiellement par les acides gras longs polyinsaturés de la série n-3, en particulier l'acide docosahexaénoïque (22:6n-3), et l'acide linoléique (18:2n-6). Ceci pourrait indiquer le caractère essentiel de ces acides gras. L'importance toute particulière du 18:2n-6 et du 22:6n-3 semblerait confirmée par une grande rétention de 22:6n-3 et une utilisation de 18:2n-6, lorsque les larves sont maintenues à jeun pendant 6 jours. Une conservation de certains acides gras, en particulier le 22:6n-3, a également été observée chez *Sparus aurata*, lorsque les larves sont maintenues à jeun pendant 6 jours (Koven *et al.*, 1989). Par ailleurs, la composition corporelle des alevins recevant les différents aliments tests jusqu'à l'âge de 17 jours, montre également une proportion plus forte du 18:2n-6 et du 22:6n-3. Ces observations pourraient donc suggérer que le 18:2n-6 et le 22:6n-3 sont indispensables pour *H. longifilis*. Chez plusieurs espèces de poissons marins, les acides gras 20:5n-3 et 22:6n-3 sont des acides gras essentiels pour la période lécitotrophe et hétérotrophe primaire (Pionetti *et al.*, 1986). Ces acides gras sont essentiels dans la participation à la constitution des différents types de membranes (Castell, 1979; Pionetti *et al.*, 1986).

Néanmoins, les proportions relativement élevées du 22:6n-3 dans la composition des ovules et des larves de 2 jours pourraient être en relation avec la composition de l'aliment des reproducteurs. Dans notre cas, les géniteurs ont été nourris avec un aliment granulé à 35 % de protéines brutes, dans lequel les lipides alimentaires proviennent principalement de l'huile de foie de morue, riche en acides gras de la série n-3. Les réserves des larves servant à couvrir leurs propres besoins, l'alimentation des géniteurs, via les effets sur les ovules, peut influencer la croissance précoce des larves et amortir ou accentuer des déséquilibres éventuels de l'aliment destinés aux larves durant les premières jours. Ceci demanderait une investigation plus approfondie.

Chez la plupart des espèces de poissons étudiées, la composition corporelle en acides gras est généralement le reflet de la composition lipidique des sources d'alimentation (Castell, 1979; Watanabe, 1982; Soivio *et al.*, 1989). Ceci est également observé pour *H. longifilis*. Les analyses sur les alevins montrent que la composition en acides gras est fortement influencée par les régimes qu'ils reçoivent. Parmi les AG n-3, le 22:6n-3 est le seul qui soit plus concentré dans l'alevin que dans l'aliment (à l'exception de

l'aliment HFM). Les proportions plus élevées du 22:6n-3 dans l'alevin que dans l'aliment distribué, pourraient être attribuées à la bioconversion par la voie de l'élongation-désaturation d'acides gras tels que l'acide linoléique (18:3n-3). En outre, une apparition de 22:6n-3 dans l'alevin nourri avec l'*Artemia*, bien que cette dernière soit totalement dépourvue en 22:6n-3, suggère une capacité à la bioconversion de 18:3n-3 en 22:6n-3 chez *H. longifilis*. La bioconversion du 18:3n-3 en 20:5n-3 ou en 22:6n-3 a également été démontrée chez *Trichogaster cosby* (Rahn *et al.*, 1977), chez *Salmo gairdneri* (Kanazawa *et al.*, 1979) et chez *Ictalurus punctatus* (Sato *et al.*, 1989).

Par ailleurs, il est à constater que, chez *H. longifilis*, pour les lots recevant les régimes PAL et COP, l'acide arachidonique (20:4n-6) est plus concentré dans l'alevin que dans l'aliment. Ceci semble montrer que *H. longifilis* a aussi des besoins en acide arachidonique (20:4n-6), en plus du 18:2n-6. Chez les tilapias, la meilleure croissance est observée lorsque les poissons reçoivent un aliment supplémenté avec 1 % de 18:2n-6 ou de 20:4n-6 (Teshima *et al.*, 1982).

Chez *H. longifilis*, une amélioration de la croissance est observée lorsque les poissons reçoivent un régime contenant un mélange d'huiles de palme et de foie de morue. Un régime 60 PAL & 40 HFM procure une meilleure croissance qu'un régime 100 PAL. Ceci suggère qu'il existe un rapport optimum entre les AG n-3 (en particulier le 22:6n-3) et les AG n-6 (18:2n-6 ou 20:4n-6) pour la couverture en AG essentiels des larves de *H. longifilis*. La zone favorable paraît se situer entre 0,5 à 1,0 % d'AG n-3 dans le régime, avec un rapport entre AG n-3 et AG n-6 compris entre 0,2 et 0,5. Kanazawa (1985) rapporte également que la carpe, l'anguille et le saumon "chum" ont un besoin en AG n-3 aussi bien qu'en AG n-6.

Dans cette étude, le caractère essentiel de certains acides gras pour les larves et alevins de *H. longifilis* n'a pu être mis en évidence de manière certaine. Cependant il semblerait que le 18:2n-6 et le 22:6n-3 soient indispensables pour cette espèce. Une analyse comparative des fractions polaires (essentiellement phospholipides constitutifs des membranes) et non polaires (principalement lipides de réserve) pourrait éventuellement permettre de le préciser (*cf.* Pionetti *et al.*, 1986).

TROISIEME PARTIE

MODALITES DE PRESENTATION ET DE DISTRIBUTION DES ALIMENTS AUX JUVENILES

CHAPITRE V: ETUDE DE LA RATION ALIMENTAIRE

CHAPITRE VI: ETUDE DE MODE DE PRESENTATION DE L'ALIMENT

CHAPITRE VII: ETUDE DE LA FREQUENCE ET DE LA PERIODE DE NOURRISSAGE

CHAPITRE V

ETUDE DE LA RATION ALIMENTAIRE

5.1. INTRODUCTION

Dans les élevages piscicoles du type intensif ou semi-intensif, l'alimentation artificielle représente la composante principale du coût de production des poissons. La rentabilité économique de ces élevages est donc dépendante, en plus de la mise au point d'une formule alimentaire à moindre coût, d'une méthodologie de nourrissage bien adaptée aux espèces élevées. Si la qualité et la formulation des aliments peuvent être contrôlées, la plupart des paramètres portant sur la distribution et la prise alimentaire restent difficiles à programmer et étroitement dépendants de la taille des poissons, du niveau énergétique du régime et des facteurs de l'environnement, en particulier la température de l'eau (Brett, 1979; Cole et Boyd, 1986; Westers, 1987). Hogendoorn *et al.* (1983) ont montré que, chez *Clarias gariepinus*, le taux de nourrissage optimal varie en fonction de la température de l'eau et de la taille du poisson.

Chez *H. longifilis*, bien que les élevages en phases de prégrossissement et de grossissement ne posent pas de difficultés particulières (Legendre, 1991), le taux de nourrissage, permettant d'exprimer au mieux les performances potentielles de cette espèce, n'a pas encore fait l'objet d'étude particulière. Une sous-alimentation pourrait aboutir à une diminution des performances de croissance des poissons tandis qu'une suralimentation peut conduire à un gaspillage d'aliment et provoquer une pollution de l'eau. Ainsi sous-alimentation et suralimentation ont toutes deux d'importantes conséquences économiques.

L'objectif de ce chapitre est d'optimiser la quantité journalière d'aliment nécessaire pour obtenir une bonne croissance et une bonne efficacité alimentaire chez *H. longifilis*, lorsque les poissons reçoivent une fréquence d'alimentation journalière fixée. Cette optimisation sera recherchée en regard de l'influence de la ration alimentaire sur le gain de poids des individus en début de phase de prégrossissement (poids initial de 1 g).

5.2. MATERIAL ET METHODES

5.2.1. Conditions expérimentales

L'expérience, d'une durée de 21 jours, a été réalisée dans une série de petits bacs en PVC d'un volume utile de 40 litres, alimentés en eau de lagune recyclée. Pendant cette période, la température de l'eau a varié entre 27 et 29°C et la concentration en oxygène dissous était de 4,5 à 7,0 mg.l⁻¹. La salinité était comprise entre 7 et 8 g.l⁻¹.

Les silures utilisés, d'un poids initial de $1,12 \pm 0,19$ g, provenaient initialement d'une population de larves élevées en cages implantées en étang selon la méthode décrite par Legendre *et al.*, 1991. Après avoir été triés afin d'établir une population de départ de taille homogène, les poissons ont été répartis au hasard en 12 lots de 50 individus dans les petits bacs d'élevage.

Quatre taux de nourrissage différents (exprimés en pourcentage du poids vif des poissons): 3 %, 6 %, 9 % et 12 % et une distribution "en excès", avec une fréquence d'alimentation journalière fixée, ont été testés. Chaque situation expérimentale était répliquée une fois. Deux lots supplémentaires maintenus à jeun ont également été réalisés.

Tous les lots de poissons ont été nourris avec un aliment complet pour alevins de truite (Trouvit) qui, malgré les mauvais résultats observés pour la phase d'alevinage est habituellement utilisé pour le début du prégrossissement chez *H. longifilis* (Legendre, 1991). La composition de cet aliment, à 56 % de protéines brutes, est présentée dans le *tableau 5.1*. Chaque jour, les aliments ont été fournis manuellement à tous les lots de poissons, par petites pincées, en 4 repas à 8h, 14h, 20h et 2h. Pour la période d'élevage comprise entre le 1^e et le 12^e jour, l'aliment a été distribué sous forme de microparticule de 800-900 µm et de 1,5 mm pour la période située entre le 13^e et le 21^e jour.

Pour une alimentation "en excès", la quantité d'aliment distribuée a été quantifiée et ceci correspond à une ration alimentaire journalière d'environ 20 % de la biomasse de poissons.

Tableau 5.1. - Composition de l'aliment utilisé.**Indications fournies par le fabricant**

Ingrédients: Farine de poisson, concentré soluble de protéines de poisson, levures, huile de poisson, lactobasérum, amidon cuit, farine de soja toasté, composé minéral vitaminé.

Compositions chimiques:

	Au minimum		
Protéines brutes	53,00 %		
Matières grasses	8,50 %		
	Au maximum		
Humidité	10,50 %		
Cellulose brute	2,00 %		
Matières minérales	8,00 %		
Vitamines ajoutées au 100 kg:			
Vitamine A	2 000 000 IU	Vitamine D3	200 000 IU
Vitamine E	6 000 mg	Vitamine K3	300 mg
Vitamine C	40 000 mg	Vitamine B1	1 500 mg
Supplémentations au 100 kg:			
Zinc	6 000 ppm	Manganese	11 000 ppm
Antioxydant	15 000 ppm		

Composition analytique réalisée au laboratoire (% de la matière sèche)

Protéines brutes (N x 6,25)	56,1
Matière grasse	9,4
Cendres	11,1
Extractif non azoté	23,4
Energie digestible (MJ/100g) ¹	1,673

¹ valeur estimée (voir chapitre II).

5.2.2. Echantillonnage et méthodes d'analyses

Tous les 7 jours, 30 poissons de chaque lot ont été pêchés, au hasard, et pesés individuellement ($P \pm 0,01g$) afin d'effectuer le suivi de la croissance. En fin de chaque échantillonnage, tous les poissons de chaque lot ont été comptés et la biomasse totale a été

déterminée pour le réajustement de la ration alimentaire. Un nettoyage complet des bacs a également été effectué pendant la pesée des poissons.

En début et en fin d'expérience, des individus de chaque lot ont été prélevés et congelés pour l'analyse de la composition corporelle globale. Les analyses ont été effectuées sur le broyat de l'ensemble des poissons de chaque réplicat.

Analyse statistique: les résultats obtenus ont été comparés par une analyse de variance à 1 facteur. La ration journalière optimale a été recherchée par le test de Duncan au seuil de signification de 5 %.

5.3. RESULTATS

5.3.1. Survie et croissance

Au cours de cette expérience, la mortalité a été suivie dans tous les lots de poissons; elle est plus importante dans les lots maintenus à jeun, le pourcentage de survie en fin d'expérience, pour ce lot, étant de 28 %. En revanche, pour les poissons recevant une alimentation rationnée ou "en excès", les pourcentages de survie sont assez élevés, compris entre 63 et 81 %, et ne montrent pas de différence significative (*tabl. 5.2*).

Les poids moyens finaux varient de 3,06 à 10,68 g selon les traitements (*fig. 5.1*). Les coefficients de variation de ces poids finaux, compris entre 19,7 et 39,5 %, sont plus élevés dans les lots où la croissance est la plus forte que dans les autres lots. L'analyse de variance montre un effet significatif ($p < 0,05$) de la ration alimentaire sur la croissance. Les poissons nourris avec une distribution d'aliment "en excès" ont une croissance journalière moyenne plus élevée ($0,46 \text{ g.j}^{-1}$) que lorsque les poissons reçoivent une alimentation rationnée ($0,10$ à $0,41 \text{ g.j}^{-1}$). Pour les poissons maintenus à jeun, pendant 21 jours, le poids moyen, initialement de 1,14 g, diminue à 0,85 g, ce qui correspond à une perte de poids de $0,01 \text{ g.j}^{-1}$.

Cependant, si la croissance est exprimée par le taux de croissance spécifique (TCS; *tabl. 5.2*), l'analyse des comparaisons multiples de moyenne n'indique pas de différence significative dans la croissance des poissons recevant une ration alimentaire "en excès" et celle rationnée à 12 %. La *figure 5.2* montre la relation entre la croissance du poisson (exprimée en TCS, $\%.\text{j}^{-1}$) et la ration alimentaire journalière (% de la biomasse de poissons).

Tableau 5.2. - Effet du taux de rationnement sur la croissance, la survie et l'indice de consommation de *H. longifilis* après 21 jours d'expérience.
Les valeurs entre parenthèses indiquent les coefficients de variation.

Ration alimentaire (%)	Poids initial (g)	Poids final (g)	Survie (%)	Taux de croissance spécifique (%.j ⁻¹)	Croissance journalière (g.j ⁻¹)	Indice de consommation	CEP	CUPa
0	1,14 ^a (19,1)	0,85 ^a (22,5)	28 ^a	-1,43 ^a	-0,01 ^a	-	-	-
3	1,08 ^a (16,4)	3,06 ^b (19,7)	63 ^b	4,98 ^b	0,09 ^b	1,04 ^a	1,83 ^a	38,16 ^a
6	1,15 ^a (14,8)	5,26 ^c (24,0)	74 ^b	7,26 ^c	0,20 ^c	0,87 ^a	2,01 ^a	31,84 ^b
9	1,15 ^a (17,1)	8,28 ^d (29,6)	73 ^b	9,40 ^d	0,34 ^d	0,91 ^a	1,97 ^a	31,23 ^b
12	1,06 ^a (14,7)	9,71 ^e (27,6)	81 ^b	10,55 ^e	0,41 ^e	1,02 ^a	1,75 ^a	25,18 ^c
en excès	1,12 ^a (16,4)	10,68 ^f (39,5)	80 ^b	10,75 ^e	0,46 ^f	1,52 ^b	1,19 ^a	17,49 ^d

Les chiffres d'une même colonne ayant le même exposant ne diffèrent pas significativement au risque de 5 %.

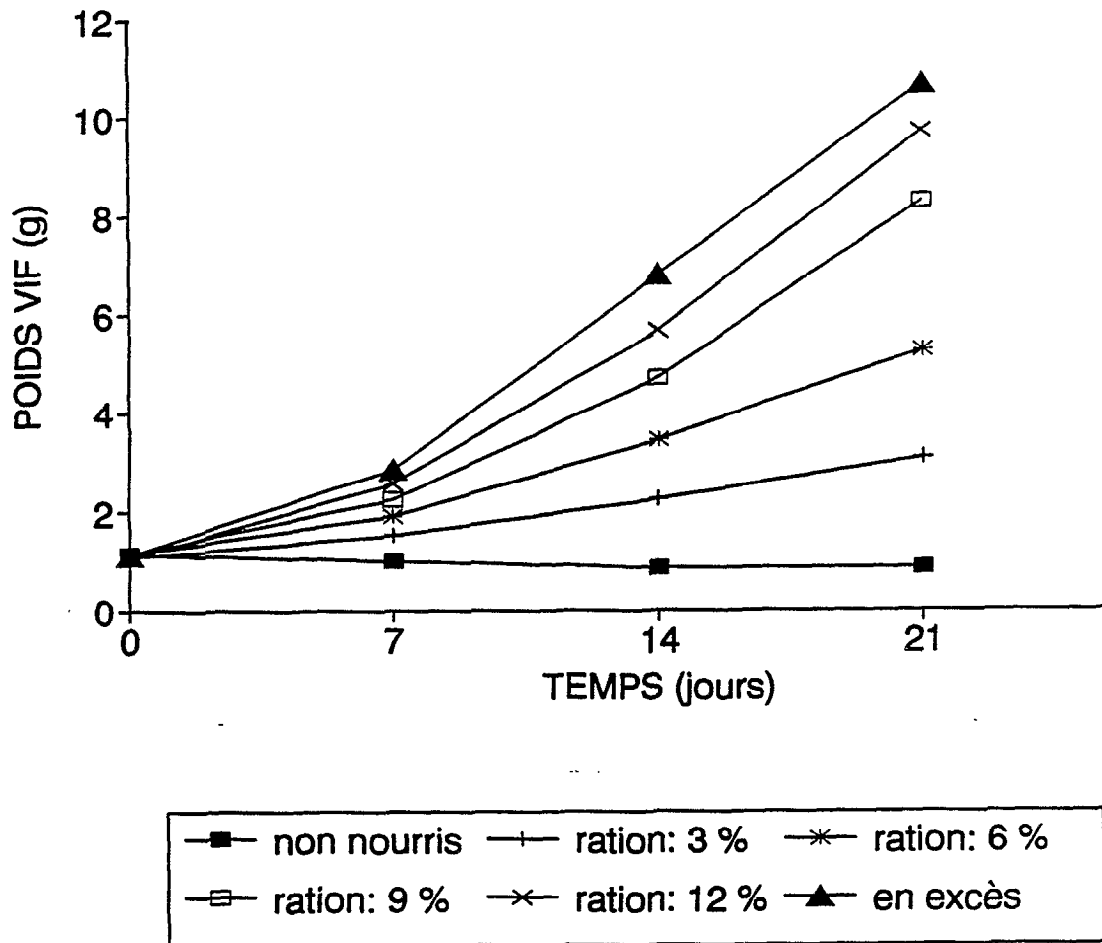


Figure 5.1. - Croissance pondérale de *H. longifilis* en fonction du taux de nourrissage.

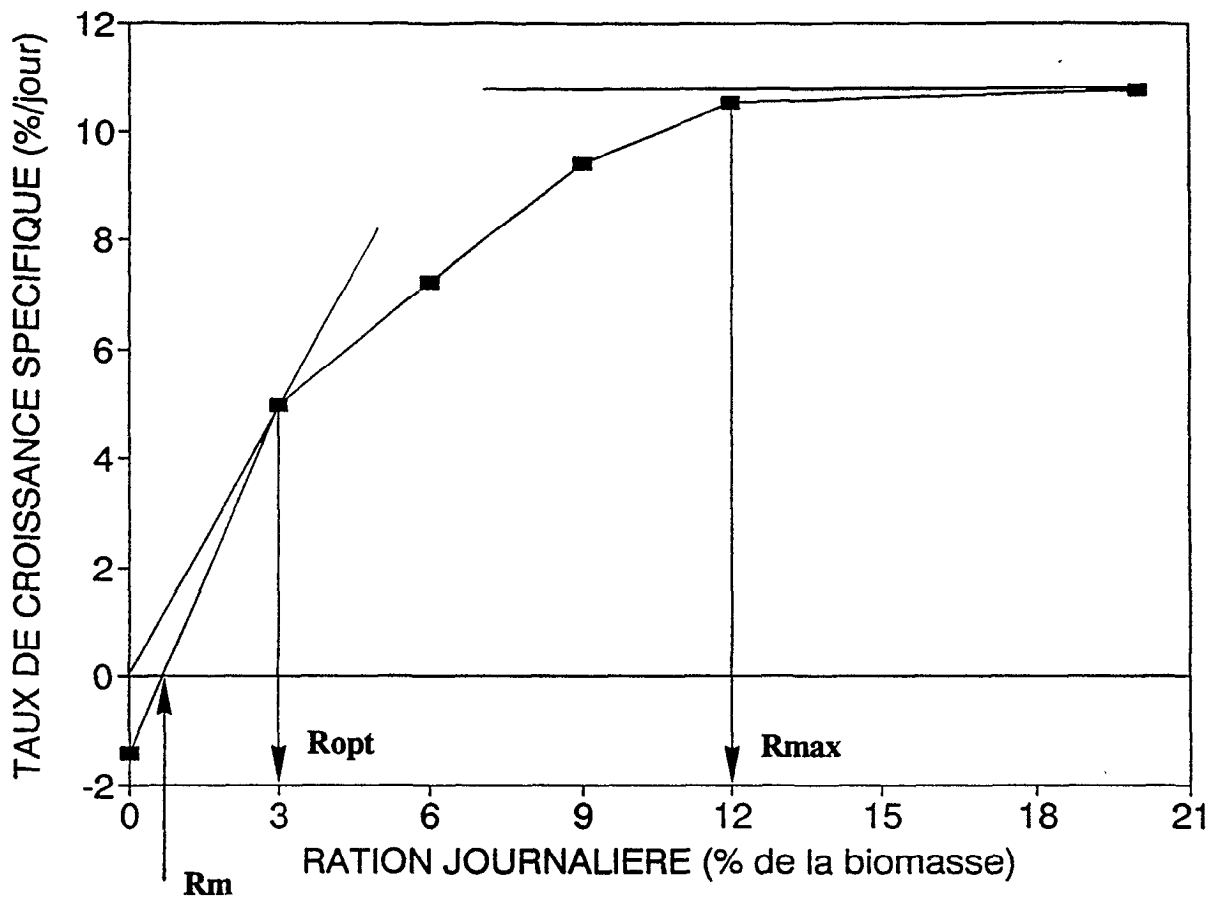


Figure 5.2. - Taux de croissance spécifique de *H. longifilis* en fonction du taux de nourrissage et détermination des rations de maintenance (R_m), optimale (R_{opt}) et maximale (R_{max}).

Le taux de croissance augmente dans un premier temps avec l'élévation de la ration journalière et atteint une valeur asymptotique lorsque le taux de croissance devient maximal. Selon Brett (1979), la ration de maintenance, la ration optimale et la ration maximale peuvent être évaluées directement à partir du graphique obtenu. La ration de maintenance établie par extrapolation à partir de la *figure 5.2* est estimée à environ 0,7 %. La ration optimale correspond à la projection sur l'axe des "x" du point tangente à la courbe lorsque cette tangente passe par le point origine. Elle prend une valeur de 3 % dans notre cas. La ration maximale, correspondant au taux de croissance maximal, est estimée à 12 %.

5.3.2. Indice de consommation et efficacité des protéines alimentaires (*tabl. 5.2*)

Les indices de consommation (IC) obtenus sur l'ensemble de la durée d'expérience sont relativement faibles et varient de 0,87 à 1,52. L'IC le plus élevé (1,52) est observé chez les poissons recevant une ration alimentaire "en excès" ($p < 0,05$), tandis que pour les lots recevant une alimentation rationnée, les IC sont compris entre 0,87 et 1,04 et ne montrent pas de différence significative.

Le coefficient d'efficacité protéique (CEP=gain de poids/protéines ingérées) et le coefficient d'utilisation protéique apparente (CUPa=protéines fixées/protéines ingérées), obtenus en fin d'expérience, varient en fonction du taux de rationnement. Bien que l'analyse de variance ne montre pas d'effet significatif du taux de rationnement sur les valeurs du CEP, une tendance à une diminution du CEP a été observée lorsque les poissons reçoivent une ration alimentaire "en excès". Dans l'ensemble, les CEP varient de 1,19 à 2,01 selon les traitements.

En revanche, le CUPa diminue significativement ($p < 0,05$) lorsque le taux de rationnement augmente. Le CUPa le plus élevé (38,2 %) est observé pour le lot nourri avec la ration la plus basse, tandis que pour le lot recevant une alimentation "en excès", le CUPa est le plus faible (17,5 %). Pour les lots nourris avec une ration intermédiaire, les CUPa sont compris entre 25,2 et 31,8 %.

5.3.2. Compositions corporelles (*tabl. 5.3*)

La composition corporelle des poissons entiers en fin d'expérience est significativement affectée par le taux de rationnement ($p < 0,05$). La teneur en eau tend à décroître lorsque le taux de nourrissage augmente; elle apparaît plus élevée pour les lots recevant le taux de rationnement compris entre 3 et 6 % que lorsque les poissons reçoivent une ration alimentaire de 9 à 12 % et "en excès". En revanche, la teneur en lipides tend à s'accroître avec l'augmentation du taux de rationnement. La teneur est la plus élevée dans les lots recevant une ration alimentaire à 12 % et "en excès". Les teneurs en protéines et en cendres sont peu variables et se situent entre 12,6 et 13,2 % et entre 2,5 et 2,7 % respectivement.

Tableau 5.3. - Composition corporelle des silures au début et à la fin de l'expérience (en pourcentage du poids frais).

	Eau (%)	Protéines brutes (%)	Cendres (%)	Lipides (%)
Initial	77,8 ^a	15,7 ^c	3,0 ^b	3,5 ^c
Ration alimentaire (% de la biomasse)				
0	86,5 ^d	8,6 ^a	3,6 ^c	1,3 ^a
3	82,1 ^c	12,6 ^b	2,7 ^a	2,6 ^b
6	81,6 ^c	12,7 ^b	2,5 ^a	3,2 ^{bc}
9	80,7 ^b	13,2 ^b	2,5 ^a	3,6 ^{cd}
12	80,1 ^b	13,0 ^b	2,5 ^a	4,4 ^d
en excès	80,0 ^b	13,0 ^b	2,6 ^a	4,4 ^d

Les chiffres d'une même colonne ayant le même exposant ne diffèrent pas significativement au risque de 5 %.

Pour les lots maintenus à jeun, la teneur en eau, initialement de 78 %, augmente jusqu'à environ 86 % à la fin de l'expérience. Les teneurs en protéines et en lipides, initialement de 15,7 % et de 3,5 %, diminuent jusqu'à 8,6 % et 1,3 % respectivement. Les cendres augmentent de 3,0 % à 3,6 %.

5.4. DISCUSSION ET CONCLUSION

La présente étude montre un effet significatif du taux de nourrissage sur la croissance et l'indice de consommation de *H. longifilis*. Les poissons nourris avec les taux de rationnement compris entre 3 et 9 % de la biomasse de poisson, ont des taux de croissance inférieurs à ceux obtenus avec une ration alimentaire à 12 % et "en excès".

D'une manière générale, une augmentation du taux de nourrissage se traduit par une augmentation significative du taux de croissance journalier (Huisman *et al.*, 1979; Meske et Pfeffer, 1979; Stickney et McGeachim, 1984). Chez les larves de *Aristichthys nobilis*, la vitesse de croissance pour les lots recevant une ration journalière à 30 % de la

biomasse est significativement plus élevée que lorsqu'une ration à 10 ou à 20 % est distribuée (Carlos, 1988).

Bien que la croissance maximale soit observée pour les lots recevant une ration alimentaire "en excès", l'IC obtenu pour ces lots est en revanche significativement plus élevé que ceux obtenus avec une alimentation rationnée. Il semble que les aliments distribués pour les lots recevant une ration "en excès" ne sont pas consommés intégralement par les poissons, ce qui pourrait induire un IC plus élevé. Andrews (1979) observe également, chez *Ictalurus punctatus*, une augmentation de l'indice de consommation lorsque les poissons reçoivent une ration alimentaire "en excès".

Chez *Heterobranchus*, la relation entre le taux de croissance spécifique et la ration alimentaire journalière montre une fonction curviligne conforme à celle décrite par Brett (1979). La ration de maintenance journalière, définie comme étant la quantité d'aliment nécessaire pour couvrir le métabolisme de base de l'organisme pour lequel le taux de croissance est nul, est estimée à environ 1 %. La ration optimale journalière établie par extrapolation à partir de la *figure 5.2* est d'environ 3 % de la biomasse des poissons et la ration maximale, correspondant au taux de croissance maximal est d'environ 12 %.

Le taux optimal de nourrissage journalier, calculé en pourcentage de la biomasse des poissons, varie également avec le poids individuel des poissons. Chez *Clarias gariepinus*, pour une température comprise entre 27 et 29°C, le taux de rationnement pour les poissons de 1 g se situe entre 7,4 et 7,9 % et diminue à 4 et à 3 % pour les poissons de 25 et de 100 g respectivement (Hogendoorn *et al.* 1983). Chez *Colossoma mitrei* élevé en cages, le taux de nourrissage est de 3 % pour les poissons de 150 à 180 g et diminue à 2 % pour les poissons plus de 200 g (Merola et De Souza, 1988).

L'augmentation du taux de rationnement paraît également avoir une influence sur la composition corporelle des poissons, en particulier sur les teneurs en eau et en lipides (Reinitz, 1983a,b). Chez *Heterobranchus*, les teneurs en lipides sur les poissons entiers s'accroissent avec l'augmentation du taux de rationnement et sont plus élevées chez les poissons nourris avec une ration alimentaire journalière de 12 % et une alimentation "en excès". L'accumulation importante des lipides corporels dans ces lots pourrait être associée à une consommation plus élevée et à une taille de poissons plus grande que dans les lots nourris avec une ration alimentaire journalière de 3 à 9 %. Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus chez *Salmo salar* et chez *Oncorhynchus mykiss*, pour lesquels une augmentation de la ration alimentaire conduit à une élévation de la teneur en lipides corporels (Storebakken et Austreng, 1987; Storebakken *et al.*, 1991).

Chez *Heterobranchus*, nos résultats montrent que, pour le début du prégrossissement, le taux de nourrissage maximal (exprimé en pourcentage de la biomasse des poissons) est estimé à 20 % et à 12 % pour les poissons de 1 et 10 g respectivement.

Pour les poissons de taille supérieure à 10 g, les rations alimentaires restent encore à déterminer avec précision. Jusqu'à présent, pour la réalisation des élevages de *H. longifilis*, les rations quotidiennes utilisées ont été fixées de manière empirique à environ 4 à 5 % de la biomasse pour des poissons de 50 à 200 g de poids moyens et à 3 % jusque vers 500 g. Pour des poissons de plus de 500 g, la ration de 3 % est apparue trop généreuse et conduit à une élévation sensible des indices de consommation (Legendre, 1991).

CHAPITRE VI

INCIDENCE DU MODE DE PRESENTATION DE L'ALIMENT

6.1. INTRODUCTION

L'intérêt croissant pour l'aquaculture en milieu continental et lagunaire en Côte-d'Ivoire, a entraîné l'émergence de nombreux projets; il existe actuellement des piscicultures dans tout le pays. Ces dernières se voient toutefois confrontées à différents problèmes, dont un des principaux est lié à l'alimentation. En effet, le ravitaillement, le coût et la qualité des aliments mettent des freins au développement de cette activité. Le projet de développement de la pisciculture en milieu rural a mis au point un aliment composé de sous-produits agro-industriels locaux, peu cher et utilisé sous forme pulvérulente pour la pisciculture en étang à l'intérieur du pays (Galbreath et Ziehi, 1988). Or dans son rapport de 1988, la station de Bouaké-Kokondecro (IDESSA) montre l'intérêt d'utiliser, pour le tilapia, un aliment riche en protéines distribué sous forme de granulés (production de 16 tonnes/ha/an) par rapport à l'emploi d'un aliment en poudre (production de 6 tonnes/ha/an). L'avantage apporté par la granulation des aliments destinés à nourrir les tilapias en étangs n'apparaît cependant pas toujours (Miller, 1979). Les essais d'élevage de *Heterobranchus longifilis* à la station de Layo ont également montré une bonne croissance lorsque le poisson est nourri avec un aliment granulé (Legendre, 1991). Il est donc intéressant d'étudier l'interaction possible de la présentation, donc de l'accessibilité de l'aliment, et de sa formulation, sur les performances zootechniques des poissons.

L'objectif du présent chapitre est d'étudier l'influence du mode de présentation (poudre ou granulé) sur l'utilisation par le silure de deux aliments types utilisés en Côte d'Ivoire.

6.2. MATERIEL ET METHODES

6.2.1. Conditions expérimentales

L'expérience a été réalisée dans des bassins circulaires alimentés en eau de lagune par gravité à partir d'un château d'eau. La durée de l'expérience a été de 56 jours. Pendant cette période, la température de l'eau a varié entre 25,0 et 27,0 °C, la salinité était de 2 à 3 g.l⁻¹ et la concentration en oxygène dissous était comprise entre 4,4 et 6,8 mg.l⁻¹.

Les silures utilisés, d'un poids initial d'environ 22 g, provenant d'une population élevée dans un étang de la station, ont été triés et répartis au hasard en 8 lots de 80 individus de taille homogène dans les bacs d'élevage. Une période d'acclimation de 14 jours, avec distribution d'un granulé à 40 % de protéines brutes en 3 repas quotidiens, a été respectée avant le début de l'expérience.

6.2.2. Alimentation

Deux formules alimentaires, dont la composition est présentée dans le *tableau* 6.1, ont été utilisées. La formule T contient 24 % de protéines brutes et ne renferme ni supplément vitaminique, ni supplément minéral. La formule S titrant 39 % de protéines brutes renferme un complexe vitaminique et minéral. Pour chaque régime, fabriqué localement, une partie du mélange a été conservée sous forme de poudre et l'autre partie a été agglomérée sous forme de granulés de 3,5 mm de diamètre, sans injection de vapeur (Presse Promill B 360 E). Ces aliments granulés sont appelés TG (24 % de protéines) et SG (aliment à 39 % de protéines). Chaque situation expérimentale était répliquée 1 fois.

Tous les lots de poissons ont été nourris manuellement en 3 repas quotidiens à 8h, 12h et 16h et ce, 7 jour sur 7 (à l'exception des jours d'échantillonnage). Les aliments ont été fournis à tous les lots à raison d'une ration journalière de 7 % du poids vif des poissons de J1 à J28, diminuée à 5 % et 4 % pour J28-J42 et J42-J56 respectivement. Au

moment de chaque distribution, les arrivées d'eau sont fermées pendant 15 minutes afin d'éviter les pertes en aliment.

Tableau 6.1. - Composition analytique des régimes expérimentaux.

Ingrédient	Régime	
	S	T
Farine de poisson	44,0	10,0
Tourteau de coprah	10,0	-
Tourteau de coton	15,0	20,0
Son de blé	10,0	-
Maïs entier broyé	15,5	-
Farine de refus de manioc	5,0	-
Farine base de riz	-	70,0
Mélange vitaminique	0,25	-
Mélange minéral	0,25	-
Caractéristiques analytiques (% de la matière sèche)		
Protéines brutes (N x 6,25)	38,6	24,3
Matière grasse	5,7	11,6
Cendres	11,9	8,3
Cellulose brute	4,6	5,5
Extractif non azote	39,2	50,3
Energie digestible (MJ/100 g) ¹	1,384	1,463

¹ Valeurs estimées (voir chapitre II).

6.2.3. Echantillonnage et méthodes d'analyses

Tous les 14 jours, 50 poissons de chaque lot ont été pêchés puis pesés individuellement ($P \pm 1g$) afin d'effectuer le suivi de la croissance. En fin de chaque échantillonnage, tous les poissons de chaque lot ont été comptés et l'estimation de la biomasse totale a été effectuée pour le réajustement de la ration alimentaire.

En début et en fin d'expérience, des individus de chaque lot ont été prélevés puis congelés et les analyses de la composition corporelle globale ont été effectuées sur le broyat de l'ensemble des poissons de chaque réplicat.

Analyse statistique: l'ensemble des données obtenues a été traité en utilisant l'analyse de variance à 1 facteur et les comparaisons multiples de moyenne ont été effectuées au seuil de signification de 5 % par le test de Duncan.

6.3. RESULTATS

6.3.1. Survie, croissance et indice de consommation

La croissance des silures, leur taux de survie et l'indice de consommation sont présentés en fonction des différents régimes alimentaires dans le *tableau 6.2*.

Tableau 6.2. - Effet du mode de présentation de deux aliments sur la croissance, la survie et l'indice de consommation de *H. longifilis* après 56 jours d'expérience.

Les valeurs entre parenthèses indiquent les coefficients de variation.

Type d'aliment	Poids initial (g)	Poids final (g)	Survie (%)	Croissance journalière (g.j ⁻¹)	IC
Poudre à 24 % de protéines	22,4 ^a (10,6)	31,9 ^a (17,8)	96 ^a	0,17 ^a	10,3 ^a
Poudre à 39 % de protéines	22,3 ^a (11,8)	55,0 ^b (20,3)	94 ^a	0,59 ^b	3,1 ^b
Granulé à 24 % de protéines	22,9 ^a (12,8)	50,7 ^b (22,3)	97 ^a	0,50 ^b	3,6 ^b
Granulé à 39 % de protéines	23,2 ^a (11,7)	103,9 ^c (24,7)	91 ^a	1,44 ^c	1,6 ^c

Les chiffres d'une même colonne ayant le même exposant ne diffèrent pas significativement au risque de 5 %.

Les pourcentage de survie en fin d'expérience sont compris entre 91 et 97 % et ne diffèrent pas significativement selon les traitements. Le gain de poids moyen et la croissance journalière obtenus sur l'ensemble de la durée d'expérience varient de 9,5 à

80,7 g et de 0,17 à 1,44 g.j⁻¹ respectivement (fig. 6. 1; tabl. 6.2). Les coefficients de variation des poids finaux sont compris entre 17,8 et 24,7 % et ils sont plus élevés dans les lots où la croissance est la plus forte que dans les autres lots.

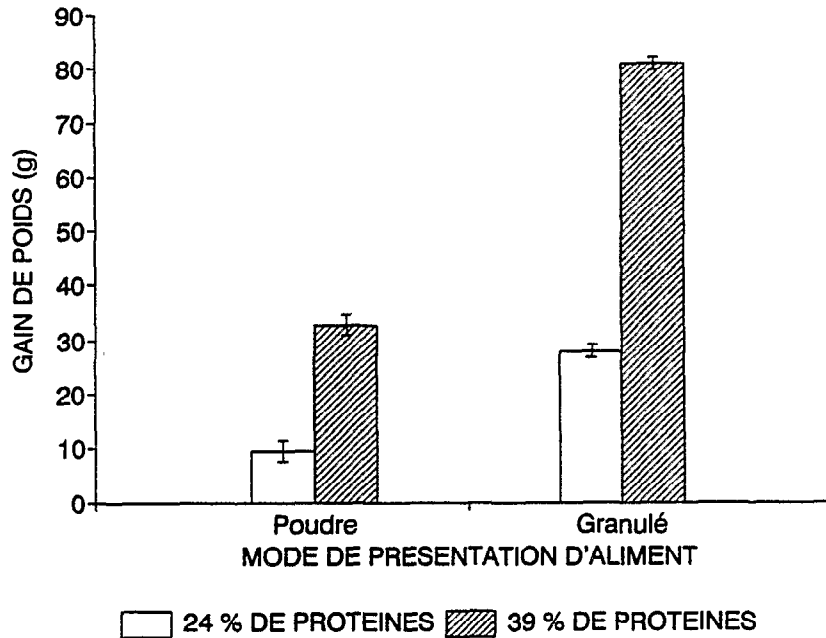


Figure 6.1. - Evolution du gain de poids chez *H. longifilis* en fonction du mode de présentation de deux aliments .

Les barres verticales représentent les écarts entre réplicats.

L'analyse de variance montre un effet significatif ($p < 0,05$) du mode de présentation de deux aliments types utilisés sur la croissance et l'indice de consommation. La croissance journalière moyenne, 1,44 g.j⁻¹ pour les poissons nourris avec l'aliment granulé à 39 % de protéines, est significativement plus élevée ($p < 0,05$) qu'avec les autres types d'aliments. Les lots nourris avec l'aliment granulé à 24 % de protéines et l'aliment pulvérulent à 39 % de protéines montrent une croissance intermédiaire, de 0,50 g.j⁻¹ et de 0,59 g.j⁻¹ respectivement.

Tableau 6.3. - Compositions corporelles initiales et finales de *H. longifilis* en fonction du mode de présentation des aliments.

	Eau	Protéines	Cendres	Lipides
Initial	76,2 ^a	17,6 ^a	2,2 ^a	4,0 ^a
Type d'aliment				
Poudre à 24 % de protéines	75,6 ^a	15,6 ^b	2,4 ^a	6,4 ^b
Poudre à 39 % de protéines	75,5 ^a	17,5 ^a	2,8 ^a	4,2 ^a
Granulé à 24 % de protéines	72,7 ^b	15,6 ^b	2,9 ^a	8,8 ^c
Granulé à 39 % de protéines	71,6 ^b	17,6 ^a	2,9 ^a	7,9 ^c

Les chiffres d'une même colonne ayant le même exposant ne diffèrent pas significativement au risque de 5 %.

Tableau 6.4. - Prix de revient des aliments tests et des poissons produits (en Francs CFA).

T: aliment poudre à 24 % de protéines; TG aliment granulé à 24 % de protéines; S: aliment poudre à 39 % de protéines; SG: aliment granulé à 39 % de protéines.

	T	TG	S	SG
Coût matières première par kg d'aliment	49	49	120,5	120,5
Coût granulation par kg d'aliment	-	35	-	35
Coût total d'un kg d'aliment	49	84	120,5	155,5
Indice de consommation	10,3	3,6	3,1	1,6
Prix de revient par kg de poisson produit	540,7	302,4	373,6	248,8

En concordance avec les résultats de croissance, le meilleur IC (1,6) est observé chez les poissons nourris avec l'aliment granulé à 39 % de protéines ($p < 0,05$), tandis que pour le lot nourri avec l'aliment pulvérulent à 24 % de protéines, l'IC est le plus élevé (10,3). Chez les poissons nourris avec l'aliment pulvérulent à 39 % de protéines et le granulé à 24 % de protéines, les IC sont de 3,1 et 3,6 respectivement et ne diffèrent pas significativement.

6.3.2. Compositions corporelles

Les analyses de carcasse sur les poissons entiers sont rassemblées dans le *tableau 6.3*. La teneur en eau pour les individus nourris avec les aliments pulvérulents est significativement plus élevée ($p < 0,05$) que pour ceux nourris d'aliments granulés. Inversement, les teneurs en lipides sont plus importantes chez les poissons nourris avec les aliments granulés. Les teneurs en protéines sont significativement plus élevées ($p < 0,05$) pour les lots nourris avec les aliments à 39 % de protéines, quel que soit le mode de présentation. Les cendres sont peu variables et se situent entre 2,4 et 2,9 %.

6.4. DISCUSSION ET CONCLUSION

La présente étude met en évidence une influence nette de la granulation sur la croissance de *H. longifilis*, quelle que soit la formule alimentaire utilisée. Les poissons nourris avec les aliments granulés ont une croissance plus élevée que ceux nourris avec les aliments pulvérulents.

La supériorité de la présentation sous forme de granulés peut s'expliquer par une meilleure accessibilité aux particules alimentaires. La forme pulvérulente augmente les possibilités de perte quantitative et de déséquilibre qualitatif, en raison de la dispersion des particules constitutives aux propriétés physiques différentes quant à leur flottabilité et à leur pouvoir hygroscopique. Par ailleurs les dépenses énergétiques que doit fournir le poisson pour l'ingestion sont plus importantes de par la distance à parcourir (déplacements latéraux et verticaux) pour ingérer une même quantité de matière sèche. La diminution de la surface de contact particules/eau induite par la compaction contribue également à diminuer les pertes par lessivage ou dissolution.

La granulation peut de plus induire une amélioration de la valeur alimentaire des aliments. En effet, les contraintes d'extrusion entraînent une (pré)gélatinisation des

amidons. Chez les poissons carnivores tels les salmonidés, si l'amidon natif (cru) est mal utilisé sur le plan digestif (Bergot, 1979), la gélatinisation induite par des traitements industriels ou lors des processus d'extrusion entraîne une augmentation très sensible de la digestibilité et, au delà, de la croissance (Luquet et Bergot, 1976; Bergot et Brecque, 1983). Bien que l'aptitude à la digestion des glucides complexes ne soit pas connue pour le silure, il y a tout lieu de penser qu'elle est faible. Ainsi l'élévation thermique (80 °C) provoquée par le pressage aurait un effet positif par une augmentation de l'énergie digestible des aliments.

Les analyses de la composition corporelle des poissons entiers nourris sur granulés montrent un taux de lipides nettement supérieur aux autres traitements (*tabl. 6.3*), traduisant ainsi une augmentation de la rétention énergétique. Ce phénomène résulterait d'une diminution des dépenses énergétiques du poisson, d'une augmentation de la matière sèche ingérée, et d'une augmentation de la charge énergétique de cette dernière.

Quelle que soit la présentation (poudre ou granulé), une croissance plus élevée et des IC plus faibles sont observés pour les poissons nourris avec l'aliment à 39 % de protéines par rapport à ceux recevant celui à 24 % de protéines. Ceci suggère que, chez cette espèce, l'aliment à 39 % de protéines est plus efficace que l'aliment renfermant 24 % de protéines et qui convient généralement pour le tilapia (Luquet, 1989). Toutefois, si l'on compare la composition nutritionnelle de ces deux formules (*tabl. 6.1*), on s'aperçoit que ces deux formulations diffèrent peu par leur teneur en énergie digestible, malgré le différentiel du taux de matières grasses car celui-ci est compensé par l'augmentation de l'énergie apportée sous forme protéique. Les différences constatées sont donc supposées provenir de la différence d'apport protéique ou vitaminique.

Une inconnue persiste en revanche en ce qui concerne l'influence des apports vitaminiques. En effet, si l'existence du besoin, donc des apports pour couvrir ce besoin, ne peut être mis en doute, la nécessité d'un apport via l'aliment composé reste à être davantage approfondi. En effet, les écosystèmes tropicaux d'élevage ont la particularité de comprendre un compartiment microbien fonctionnel quant à la possibilité de synthèse des vitamines, en particulier les vitamines du groupe B. Ainsi Limsuwan et Lovell (1981) puis Lovell et Limsuwan (1982) ont montré que la flore bactérienne digestive est capable de couvrir en partie ou en totalité les besoins en vitamine B₁₂ du poisson chat américain ou du tilapia.

D'un point vue économique, lorsque l'on compare le prix de revient d'un kilogramme de poisson produit par chaque type d'aliment test (*tabl. 6.4*), il est à noter que, quelle que soit la formule alimentaire utilisée, la meilleure rentabilité de l'élevage est obtenue avec un aliment granulé bien que le prix de revient d'1 kilogramme d'aliment granulé soit plus élevé que celui d'1 kg d'aliment pulvérulent.

En conclusion, nos résultats montrent une nette amélioration des performances zootechniques (croissance, indice de consommation) lorsque les poissons reçoivent des aliments granulés à 39 % de protéines brutes. L'aliment pulvérulent à 24 % de protéines, bien qu'adopté pour la pisciculture continentale semi-extensive en raison de son prix d'achat très bas, du faible nombre de matières premières employées et de la disponibilité de ces dernières, est peu adapté à un élevage de *H. longifilis*.

CHAPITRE VII^(*)

INFLUENCE DE LA FREQUENCE ET DE LA PERIODE DE NOURRISSAGE

7.1. INTRODUCTION

La méthode d'élevage du silure en enclos actuellement pratiquée dans les lagunes de Côte-d'Ivoire met en oeuvre une méthodologie classique de nourrissage, à savoir une distribution d'aliment fractionnée en 2 repas par jour en période diurne. Compte tenu du caractère photophobe de ce poisson se traduisant par des activités locomotrices et trophiques plus marquées en phase nocturne (observations non publiées), il convient de s'interroger sur l'opportunité de modifier la période et les heures de distribution de nourriture.

La période de nourrissage est en effet un des facteurs qui peut conditionner l'utilisation métabolique des nutriments (Brett, 1979). Chez un autre silure (*Heteropneustes fossilis*), Sundararaj *et al.* (1982) observent qu'un nourrissage durant la nuit conduit à une croissance plus élevée que lorsque la distribution de nourriture s'effectue durant le jour. Inversement, chez *Carassius auratus*, un nourrissage durant la phase d'éclairement procure une meilleure croissance (Noeske et Spieler, 1984). Le délai séparant le repas de l'aube ou du crépuscule est également susceptible de modifier l'utilisation métabolique des nutriments. Ainsi Noeske-Hallin *et al.* (1985) observent une augmentation des dépôts de matière grasse chez le poisson-chat américain (*Ictalurus punctatus*) nourri durant l'après

(*) Ce chapitre a fait l'objet d'une publication:

Kerdchuen N., M. Legendre, 1991. Influence de la fréquence et de la période de nourrissage sur la croissance et l'efficacité alimentaire d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei, Clariidae). *Aquat. Living Resour.*, 4, 241-248.

midi (16h00) alors qu'un nourrissage le matin (7h30) favorise la croissance tant pondérale que linéaire.

Il est également connu que lorsque les poissons sont nourris *ad libitum*, un accroissement de la fréquence de distribution des aliments peut améliorer la vitesse de croissance et l'indice de consommation, éventuellement par l'intermédiaire d'une augmentation des quantités ingérées (Shelbourn *et al.*, 1973; Andrews et Page, 1975; Chua et Teng, 1978; Luquet *et al.*, 1981).

L'objectif du présent chapitre est de déterminer l'influence de la période de nourrissage (jour, nuit) et de la fréquence des repas (fractionnement ou en continu) sur la croissance et l'efficacité alimentaire chez *Heterobranchus longifilis*, lorsque les poissons reçoivent une ration journalière fixée.

7.2. MATERIEL ET METHODES

7.2.1. Conditions expérimentales

Cette étude a été réalisée à la station d'aquaculture expérimentale de Layo dans des cages-enclos de 4 m³ (maillage de 14 mm), implantées en milieu lagunaire. La durée de l'expérience a été de 56 jours (juillet et août 1989). Pendant cette période, la température de l'eau a varié entre 26,0 et 29,0 °C, la salinité n'a pas dépassé 1 g.l⁻¹ et la teneur en oxygène dissous était en moyenne de 3,8 mg.l⁻¹ à l'aube et de 4,5 mg.l⁻¹ au crépuscule. La photopériode était de L 12,5 / D 11,5 avec le lever du jour à 6 heures.

Les silures utilisés, d'un poids initial d'environ 75 g, provenaient d'une population élevée dans un étang de la station où ils recevaient un aliment composé en 4 repas par jour. Après avoir été triés, ils ont été répartis au hasard en 18 lots de 40 individus de taille homogène dans les cages-enclos. Une période d'acclimatation de 14 jours, avec distribution de l'aliment en 2 repas quotidiens, a été respectée avant le début de l'expérience.

Un plan expérimental à 2 facteurs, période de nourrissage (jour, nuit) et nombre de repas (1, 2, 4 repas fractionnés ou alimentation continue sur 12 heures), avec deux répétitions par traitement, a été employé. Deux traitements supplémentaires (non répliqués) avec un nourrissage sur l'ensemble du nyctémère (4 repas ou en continu) ont aussi été réalisés. Les modalités et les heures de nourrissage sont présentées pour chaque traitement dans le *tableau 7.1*.

Tableau 7.1. - Modalités et heures de distribution de la ration alimentaire quotidienne pour les différents traitements réalisés.

Nombre de repas	Période	Heures
1 repas	Jour	8h
2 repas	Jour	8h, 17h
4 repas	Jour	8h, 11h, 14h, 17h
alim. continue	Jour	de 6h à 18h
1 repas	Nuit	20h
2 repas	Nuit	20h, 5h
4 repas	Nuit	20h, 23h, 2h, 5h
alim. continue	Nuit	de 18h à 6h
4 repas	Jour et Nuit	8h, 14h, 20h, 2h
alim. continue	Jour et Nuit	sur 24 h

Tableau 7.2. - Composition de l'aliment utilisé.

Ingrédient	%
Farine de poisson	60,8
Tourteau de soja	10,0
Son de blé	10,9
Maïs broyé	10,0
Farine de refus de manioc	3,0
Huile de foie de morue	0,3
Mélange vitaminique	2,0
Mélange minéral	2,0
Phosphate bicalcique	1,0
Caractéristiques analytiques (% de la matière sèche)	
Protéines brutes (N x 6,25)	45,7
Matière grasse	5,1
Cendres	19,7
Cellulose brute	2,8
Extractif non azote	15,5
Energie digestible (MJ/100g) ¹	1,227

¹ Valeurs estimées (voir chapitre II)

Tous les lots de poissons ont été nourris avec un aliment composé sous forme de granulés secs de 3,5 mm de diamètre de fabrication locale. La composition de cet aliment, à 45 % de protéines brutes, est présentée dans le *tableau 7.2*. Chaque jour (à l'exception des jours d'échantillonnage), les granulés ont été distribués à tous les lots à raison d'une ration quotidienne fixée à 3 % du poids vif des poissons. Pour les lots recevant des repas fractionnés, la durée de chaque repas était d'environ 10 minutes, la distribution étant faite à la main, par petites pincées, pour s'assurer d'une bonne ingestion de l'aliment par les poissons. Pour les lots nourris en continu, des nourrisseurs automatiques à tapis ont été utilisés.

7.2.2. Echantillonnage et modes d'analyses

Tous les 14 jours, tous les poissons de chaque lot ont été pêchés puis pesés individuellement ($P \pm 1g$) afin d'effectuer le suivi de la croissance et le réajustement de la ration alimentaire. Le jour du dernier échantillonnage, 5 poissons de chaque réplicat ont été sacrifiés : le foie et le tissu adipeux périsvical ont été prélevés et pesés ($P \pm 0,01g$) pour la détermination des rapports hépatosomatique ($RHS = (\text{poids du foie} / \text{poids du poisson entier}) \times 100$) et adiposomatique ($RAS = (\text{poids du tissu adipeux} / \text{poids du poisson entier}) \times 100$).

En début et en fin d'expérience, des individus de chaque lot ont également été prélevés et congelés pour l'analyse de la composition corporelle globale. Les analyses ont été effectuées sur le broyat de l'ensemble des poissons de chaque réplicat.

Durant l'expérience, une mortalité brutale intervenue entre le 43ème et le 46ème jour a été observée. Cette mortalité n'était pas associée à un traitement particulier mais a affecté un seul des deux réplicats de la plupart des traitements. Pour ne pas biaiser les indices de consommation ($IC = \text{poids total d'aliment distribué} / \text{accroissement en biomasse de poissons}$), les calculs ont été effectués en tenant compte de la biomasse des poissons morts au cours de la dernière quinzaine du suivi.

Analyse statistique: les données de survie et les poids moyens finaux ont été traités selon une analyse de variance à 2 facteurs et les comparaisons multiples de moyenne ont été effectuées au seuil de signification de 5 % par le test de Duncan. Lorsque nécessaire, une transformation des données, en logarithme pour les poids et en arc-sinus pour les pourcentages de survie, a été effectuée pour stabiliser la variance résiduelle.

7.3. RESULTATS

7.3.1. Survie, croissance et indice de consommation (*tabl. 7.3*)

Malgré la mortalité intervenue entre le 43ème et le 46ème jour du suivi, les pourcentages de survie en fin d'expérience sont compris entre 72 et 100 % et ne diffèrent pas significativement selon les traitements.

Le gain de poids relatif et la croissance journalière obtenus sur l'ensemble de la durée d'expérience varient de 94 à 202 % et de 1,19 à 2,64 g.j⁻¹ respectivement. Les coefficients de variation des poids finaux, compris entre 16,9 et 25,7 %, sont relativement homogènes; ils sont toutefois plus élevés dans les lots où la croissance est la plus forte que dans les autres lots. L'analyse de variance montre un effet significatif ($p < 0,05$) de la période de nourrissage et de la fréquence des repas sur la croissance sans qu'une interaction ne soit mise en évidence entre ces 2 facteurs ($p > 0,1$).

Les indices de consommation (IC) sont, dans tous les cas, relativement faibles et sont compris entre 1,39 et 2,32. Si l'analyse de variance ne montre pas d'effet significatif de la période de nourrissage, les IC sont en revanche significativement influencés par la fréquence d'alimentation ($p < 0,05$).

- *Effets jour/nuit (fig. 7.1; tabl. 7.3)*

Les poissons nourris durant la nuit ont une croissance plus élevée que ceux nourris de jour pour toutes les modalités de distribution, à l'exception du traitement à 4 repas distribué sur 12 heures où une mauvaise croissance a été observée dans l'un des réplicats. Un nourrissage sur l'ensemble du nycthémère n'apporte pas d'amélioration, que ce soit pour les poissons nourris avec 4 repas fractionnés ou pour ceux alimentés en continu.

Pour une même fréquence d'alimentation, les indices de consommation obtenus de jour et de nuit ne montrent pas de différences significatives. Ils sont compris entre 1,47 et 2,32 pour les lots nourris le jour, et entre 1,40 et 2,05 pour ceux alimentés la nuit. Chez les poissons nourris sur l'ensemble du nycthémère avec 4 repas fractionnés ou en continu, les IC sont de 2,00 et 1,39 respectivement.

- *Effets de la fréquence d'alimentation (fig. 7.1; tabl. 7.3)*

Quelle que soit la période de nourrissage, la plus nette augmentation de croissance correspond au passage d'une distribution fractionnée à une alimentation continue.

Tableau 7.3. - Effets de la fréquence et de la période de nourrissage sur la croissance, la survie et l'indice de consommation de *H. longifilis* après 56 jours d'expérience.

Les valeurs entre parenthèses indiquent les coefficients de variation.

	Jour				Nuit				Jour et Nuit ¹	
	1 repas	2 repas	4 repas	en continu	1 repas	2 repas	4 repas	en continu	4 repas	en continu
Poids initial (g)	71,1 (13,7)	72,0 (13,9)	73,7 (10,4)	75,9 (11,2)	75,0 (10,9)	74,6 (11,8)	74,5 (10,1)	73,2 (12,5)	73,4 (12,3)	77,2 (10,6)
Poids final (g)	137,7 (18,9)	149,3 (19,4)	165,9 (18,4)	207,7 (22,9)	167,3 (19,2)	165,4 (19,9)	164,1 (16,9)	221,0 (25,7)	173,0 (22,9)	219,7 (22,6)
Survie (%)	80	89	92	100	72	98	94	86	95	100
Taux de croissance relatif (%)	94,3	107,7	125,1	173,9	123,2	121,9	119,7	202,0	135,7	184,6
Croissance journalière (g.j ⁻¹)	1,19	1,39	1,65	2,36	1,65	1,63	1,60	2,64	1,78	2,54
Indice de consommation	2,32	2,15	2,20	1,47	1,95	2,05	1,94	1,40	2,00	1,39

¹ Une seule observation par traitement.

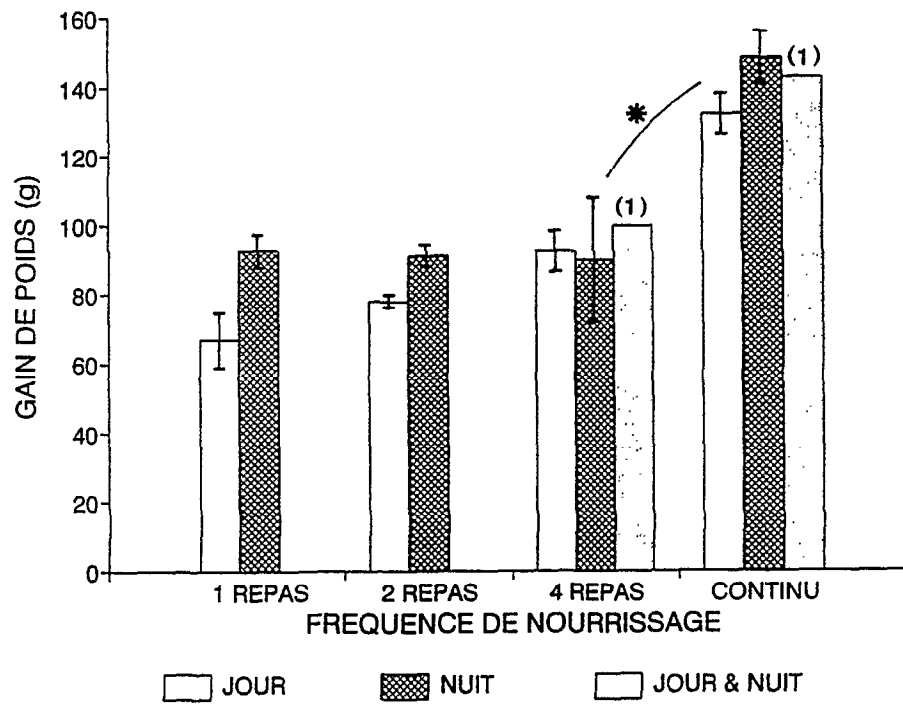


Figure 7.1. - Evolution du gain de poids en fonction de la fréquence et de la période de nourrissage chez *H. longifilis*.

Les barres verticales représentent les écarts entre réplicats.

* : $p < 0,05$

(1) : Observation non répliquées

Dans ce dernier cas, les croissances journalières moyennes, 2,36 et 2,64 g.j⁻¹ pour les poissons nourris de jour et de nuit respectivement, sont significativement plus élevées ($p < 0.05$) que lorsque les poissons reçoivent une alimentation par repas (1,19 à 1,65 g.j⁻¹).

Bien que l'analyse des comparaisons multiples de moyenne n'indique aucune différence significative dans la croissance des poissons nourris avec 1, 2 et 4 repas, on observe néanmoins, pour les lots nourris de jour, une tendance à une amélioration de la croissance lorsque le nombre de repas augmente. Pour les lots nourris de nuit, le gain de poids est stable quel que soit le nombre de repas.

En concordance avec les résultats de croissance, les meilleurs IC (1,39 à 1,47) sont observés chez les poissons nourris en continu ($p < 0,05$), tandis que pour les lots nourris en repas fractionnés, ils sont systématiquement plus élevés (1,94 à 2,32) et ne montrent pas de différence significative.

7.3.2. Rapports hépatosomatique et adiposomatique (*fig. 7.2*)

La période nycthémerale et la fréquence de nourrissage ont un effet significatif ($p < 0,05$) à la fois sur le rapport hépatosomatique (RHS) et sur le rapport adiposomatique (RAS).

Dans tous les cas, le RHS est plus élevé pour les poissons nourris de nuit que pour ceux nourris le jour. Quelle que soit la période de nourrissage, les RHS les plus élevés sont observés pour les lots nourris avec 2 repas fractionnés. Les dépôts de graisse périviscérale, bien que toujours inférieurs à 1 %, sont plus importants chez les poissons nourris le jour. La quantité des dépôts adipeux périviscéraux augmente avec la fréquence des repas, mais cette augmentation est plus marquée chez les poissons nourris de jour. Les lots nourris sur l'ensemble du nycthémère montrent une position intermédiaire pour le RHS, alors que le RAS est plus proche de celui observé pour les poissons nourris de nuit.

7.3.3. Compositions corporelles (*tabl. 7.4*)

Les analyses de carcasses sur les poissons entiers indiquent que la teneur en eau, initialement de 82 %, diminue jusqu'à environ 75 % à la fin de l'expérience. Cette teneur tend à décroître lorsque le nombre de repas augmente. Comme pour le RAS, la teneur en lipides tend à s'accroître avec l'augmentation de la fréquence de nourrissage; elle apparaît basse chez les poissons nourris avec 1 et 2 repas fractionnés en comparaison de ceux alimentés en continu. Les teneurs en protéines et en cendres sont peu variables et se situent entre 15,4 à 18,4 % et entre 1,9 à 2,8 % respectivement.

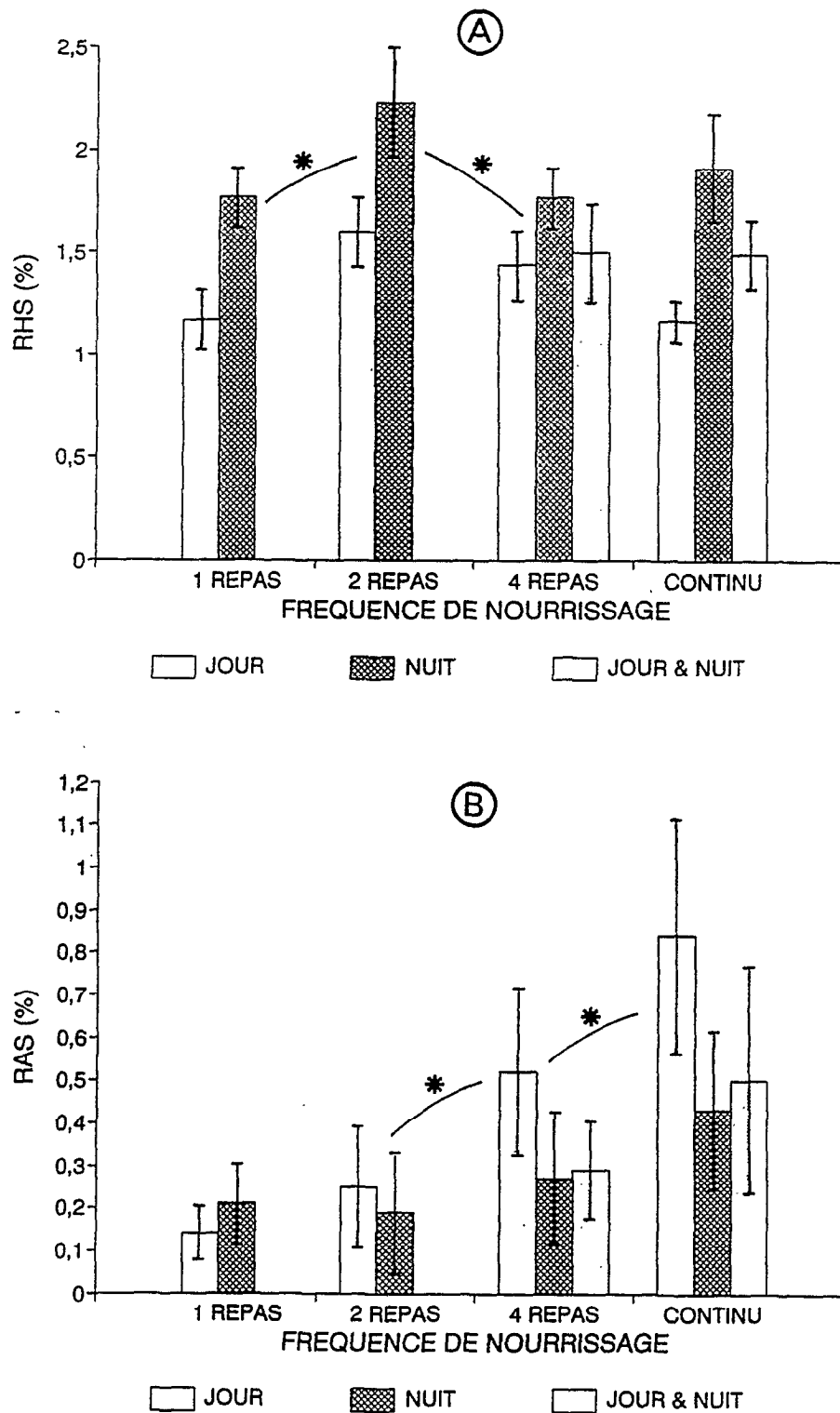


Figure 7.2. - Evolution du rapport hépatosomatique (A) et du rapport adiposomatique (B) en fonction de la fréquence et de la période de nourrissage chez *H. longifilis*.

Les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95 %; * : $p < 0,05$.

Tableau 7.4. - Compositions corporelles initiales et finales de *H. longifilis* en fonction des modalités de nourrissage.

	Initiale	Jour				Nuit				Jour et Nuit	
		1 repas	2 repas	4 repas	en continu	1 repas	2 repas	4 repas	en continu	4 repas	en continu
Eau	81,7	75,1	75,6	74,0	72,0	77,0	75,9	73,5	74,4	76,0	75,7
Protéines	14,4	17,5	17,1	18,2	18,4	15,4	17,6	18,0	16,7	16,3	15,8
Cendres	2,3	2,3	2,4	2,1	2,6	2,8	1,9	2,3	2,5	2,2	2,1
Lipides	1,6	5,1	4,9	5,7	7,0	4,8	4,6	6,2	6,4	5,5	6,4

7.4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Compte tenu des conditions expérimentales et de la turbidité de l'eau, l'ingestion réelle de l'aliment par les poissons n'a pu être déterminée. Néanmoins, le fait que, dans tous les cas, les poissons reçoivent une ration journalière fixée et montent en surface pour ingérer les granulés au moment de chaque distribution indique que les pertes éventuelles d'aliment non consommé sont minimales. En outre, les coefficients de variation des poids finaux sont relativement faibles pour tous les lots, ce qui montre une bonne accessibilité à l'aliment pour tous les individus quel que soit le traitement. Des observations complémentaires (non publiées) effectuées dans des conditions analogues à celles de la présente étude, ont montré que les *Heterobranchus* maintenus à jeun pendant 72 jours s'amaigrissent à raison de $0,25 \text{ g.j}^{-1}$. Dans les cages-enclos utilisées, structures aisément et fréquemment contrôlées, l'accès à la nourriture naturelle est donc négligeable pour cette espèce.

La présente étude montre que la croissance de *H. longifilis* est influencée à la fois par la période et par la fréquence de nourrissage. Toutefois, aucune interaction entre ces deux facteurs n'a été mise en évidence. Chacun d'eux peut donc être considéré indépendamment de l'autre.

Les poissons nourris durant la nuit ont une croissance plus élevée que ceux nourris de jour. Il semble que cela soit un cas assez général chez les siluriformes puisque chez *Clarias gariepinus* (Hogendoorn, 1981), comme chez *Heteropneustes fossilis* (Sundararaj *et al.*, 1982), un nourrissage nocturne conduit aussi à une croissance plus élevée. Ce phénomène est à associer au comportement général de ces espèces. Chez *Heterobranchus*, dans les étangs ou les enclos d'élevages, les poissons apparaissent plus actifs la nuit. Ils se déplacent alors plus souvent en surface et montrent un comportement de chasse active envers les petits poissons parasites présents dans ces structures. De même, il est à noter que, en milieu naturel, *Clarias gariepinus* s'alimente préférentiellement durant la nuit, période durant laquelle les organes sensoriels présents sur les barbillons permettent une localisation efficace des proies (Bruton, 1979). Chez *Heterobranchus*, la meilleure croissance observée en phase nocturne pourrait résulter d'une meilleure utilisation des aliments en relation avec une variation circadienne du métabolisme et de son contrôle hormonal. On sait en effet que l'alternance des phases claires et obscures constitue un facteur important de synchronisation des rythmes hormonaux (Spieler, 1979; Noeske et Spieler, 1983). Leatherland *et al.* (1974) ont montré que, chez *Oncorhynchus nerka*, l'hormone de croissance et la prolactine plasmatique sont plus élevées durant la phase

obscur. Chez *Ictalurus punctatus*, la concentration en corticostéroïdes plasmatiques est aussi plus élevée durant la nuit, lorsque les poissons sont les plus actifs (Goudie *et al.*, 1983; Davis *et al.*, 1984). Or, on sait que le cortisol a un rôle important dans la régulation du métabolisme énergétique (Cowey et Sargent, 1979). Il convient toutefois de souligner que des études expérimentales mettant clairement en relation la croissance et le rythme des sécrétions endocriniennes font encore largement défaut chez les poissons.

L'importance de l'heure de distribution des repas sur la croissance et l'efficacité de transformation métabolique des aliments a été montrée en particulier chez *Carassius auratus* et chez *Ictalurus punctatus* (Noeske *et al.*, 1981; Noeske-Hallin *et al.*, 1985). Chez *H. longifilis*, bien que l'analyse de variance n'ait pas permis de mettre en évidence de différences de croissance ou d'IC dans les lots recevant des repas fractionnés, une tendance semble indiquer qu'une amélioration de croissance peut être attendue dès que l'un des repas au moins est distribué en fin de journée ou en début de nuit. Les plus mauvais résultats sont en effet observés dans les lots nourris avec un seul repas matinal (*fig. 7.1*). Un éventuel effet favorable des repas crépusculaires demanderait à être confirmé.

Une croissance plus élevée et des IC plus faibles sont observés pour les poissons nourris en continu par rapport à ceux recevant une alimentation par repas. Ceci suggère qu'une ingestion progressive de petites quantités d'aliments a, chez cette espèce, un effet favorable prépondérant sur celui de l'heure de nourrissage. Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus chez un autre Clariidae, *Clarias gariepinus*, pour lequel une alimentation continue, avec une ration alimentaire fixée, conduit aussi à une meilleure croissance et un meilleur indice de consommation que lorsque la même ration est distribuée en 2 ou 4 repas fractionnés (Hogendoorn, 1981). En revanche, chez la majorité des autres espèces de poissons étudiées, les performances de croissance semblent rapidement se stabiliser avec l'augmentation de la fréquence d'alimentation. Ainsi, la fréquence optimale de nourrissage correspond à 1 repas quotidien chez *Channa striatus* (Sampath, 1984), 2 repas chez la truite arc-en-ciel (Luquet *et al.*, 1981), 1 à 2 repas chez *Heteropneustes fossilis* (Marian *et al.*, 1982; Singh et Srivastava, 1984) et 2 repas chez le poisson-chat américain (*Ictalurus punctatus*) (Andrews et Page, 1975). Pour ces travaux, il convient cependant de noter, d'une part, que l'effet d'une alimentation continue n'est généralement pas testé et, d'autre part, que tous mettent en oeuvre une alimentation à satiété ou *ad libitum*. Il est donc possible que la taille des repas proposés puisse intervenir dans la définition de la fréquence optimale de nourrissage. Chez *Ictalurus punctatus*, Andrews et Page (1975) concluent à une fréquence optimale de nourrissage de 2 repas par jour lorsque les poissons sont nourris à satiété, alors que, Greenland et Gill (1979), avec une ration quotidienne réduite à 2 % de la

biomasse, observent une amélioration progressive de la croissance et des IC lorsque la fréquence d'alimentation est augmentée de 1 à 4 repas par jour.

Chez certaines espèces de poissons, la période et l'heure de nourrissage peuvent modifier la lipogenèse hépatique, les dépôts de graisse dans la cavité abdominale et la composition corporelle (Grayton et Beamish, 1977; Meier, 1984; Noeske-Hallin *et al.*, 1985). Nos résultats montrent que les rapports hépatosomatique (RHS) et adiposomatique (RAS) sont significativement influencés à la fois par la période et par la fréquence de nourrissage. Les dépôts de graisse dans la cavité abdominale et les teneurs en lipides sur les poissons entiers tendent à augmenter avec la fréquence des repas et sont plus importants chez les poissons nourris de jour. Mais, il est à noter que ces dépôts lipidiques dans la cavité abdominale restent faibles notamment par rapport à ceux observés chez la truite (Luquet, comm. pers., 1990).

D'un point vue pratique, nos résultats montrent une nette amélioration des performances zootechniques (croissance, indice de consommation) lorsque le nourrissage est effectué en continu. Ce mode d'alimentation est donc vivement recommandé pour une application de routine. Toutefois, lorsque, pour des raisons pratiques, une alimentation fractionnée par repas ne peut être évitée, un seul repas distribué en début de nuit apparaît suffisant.

QUATRIEME PARTIE

BESOINS PROTEINO-ENERGETIQUES

CHAPITRE VIII: ETUDE DU RAPPORT PROTEINO-ENERGETIQUE DANS L'ALIMENTATION DES JUVENILES EN PHASE DE PREGROSSISSEMENT

CHAPITRE IX: ETUDE DU RAPPORT PROTEINO-ENERGETIQUE DANS L'ALIMENTATION DES JUVENILES EN PHASE DE GROSSISSEMENT

CHAPITRE VIII

ETUDE DU RAPPORT PROTEINO-ENERGETIQUE DANS L'ALIMENTATION DES JUVENILES EN PHASE DE PREGROSSISSEMENT

8.1. INTRODUCTION

Les besoins quantitatifs en protéines pour la croissance des poissons ont fait l'objet de diverses revues (Cowey et Sargent, 1979; Dabrowski, 1980; Luquet et Kaushik, 1981; NRC, 1983; Cho et Kaushik, 1985; Luquet et Moreau, 1989). Dans l'ensemble des données de la littérature, le taux de protéines requis dans l'aliment pour assurer une croissance optimale est compris entre 30 et 50 %, pour une grande variété d'espèces (*tabl. 8.1*).

D'une manière générale, les poissons carnivores ont des besoins protéiques plus élevés que les poissons herbivores ou omnivores. Ceci paraît correspondre à une adaptation à la nourriture naturelle de chaque espèce. Chez *Channa micropeltes*, un prédateur ichtyophage, le taux protéique dans le régime à base de farine de poisson permettant la meilleure croissance est de 52 % (Wee et Tacon, 1982), tandis qu'un taux de protéine, de 30 à 35 %, apparaît suffisant pour obtenir une bonne croissance chez les tilapias (Jauncey et Ross, 1982). Pour une même espèce, le taux optimal de protéine dans l'aliment permettant une bonne croissance et une meilleure efficacité alimentaire varie en fonction des conditions d'expérimentation. Ces différences interspécifiques et intraspécifiques peuvent en partie s'expliquer par le critère retenu pour déterminer le besoin à partir des données expérimentales, ainsi que par l'influence de facteurs biotiques et abiotiques tels que la

Tableau 8.1. - Pourcentage optimal de protéines pour la croissance de diverses espèces de poissons.

Espèce	Poids initial (g)	Source de protéine	Optimum dans le régime (%)	Référence
poissons chats:				
<i>Ictalurus punctatus</i>	6-7	caséine	24	Garling et Wilson (1976)
<i>Ictalurus punctatus</i>	0,2	farine de poisson	55	Winfree et Stickney (1984)
	1,7	farine de poisson	54	
	3-5	farine de poisson	46-50	
<i>Clarias gariepinus</i>	40	caséine	40	Machiels et Henken (1985)
				Henken <i>et al.</i> (1986)
	10-12	farine de poisson	40	Degani <i>et al.</i> (1989)
<i>Clarias batrachus</i>	0,1	farine de poisson et farine de soja	30	Chuapoehek (1987)
<i>Heteropneustes fossilis</i>	0,8	caséine	27,7-35,4	Akand <i>et al.</i> (1989)
carpes:				
<i>Cyprinus carpio</i>	4,3	caséine	31	Takeuchi <i>et al.</i> (1979)
<i>Ctenopharyngodon idella</i>	0,15-0,2	caséine	41-43	Dabrowski (1977)
<i>Aristichthys nobilis</i>	0,38	farine de poisson	30	Santiago et Reyes (1991)
tilapias:				
<i>Oreochromis niloticus</i>	0,8	farine de poisson	40	Siddiqui <i>et al.</i> (1988)
	40	farine de poisson	30	
<i>Sarotherodon mosambicus</i>	1,8	farine de poisson	40	Jauncey (1982)
<i>Tilapia zilli</i>	1,65	caséine	35	Mazid <i>et al.</i> (1979)

Tableau 8.1. (Cont.) - Pourcentage optimal de protéines pour la croissance de diverses espèces de poissons.

Espèce	Poids initial (g)	Source de protéine	Optimum dans le régime (%)	Référence
tilapias: (Cont.)				
<i>Tilapia aurea</i>	2,5	caséine	56	Winfree et Stickney (1981)
	7,5	caséine	34	
divers:				
<i>Chrysophrys aurata</i>	2,6	caséine	40	Sabaut et Luquet (1973)
<i>Epinephelus salmoides</i>	60-70	farine de muscle de poisson	40	Teng <i>et al.</i> (1978)
<i>Chanos chanos</i>	0,4	caséine	40	Lim <i>et al.</i> (1979)
<i>Morone saxatilis</i>	2,5	farine de poisson	55	Millikin (1982)
<i>Channa micropeltes</i>	130	farine de poisson	52	Wee et Tacon (1982)
<i>Acipenser transmontanus</i>	145	caséine	40	Moore <i>et al.</i> (1988)

température, la salinité, l'âge des poissons, la nature des protéines et l'équilibre de la ration (Luquet et Kaushik, 1981).

Malgré l'intérêt porté à l'élevage de *Heterobranchus longifilis*, reconnu comme espèce omnivore à nette tendance carnassière, en milieu lagunaire aussi bien qu'en milieu continental, les besoins alimentaires de cette espèce restent mal connus.

L'objectif du présent chapitre est de déterminer le taux protéique optimal dans la ration pour assurer une bonne croissance et d'étudier l'efficacité des protéines alimentaires en relation avec leur taux d'incorporation dans le régime chez les juvéniles de *H. longifilis*.

8.2. MATERIEL ET METHODES

8.2.1. Conditions expérimentales

L'expérience a été réalisée dans des bacs circulaires (160 cm diamètre x 50 cm hauteur) d'une capacité utile de 500 litres. Chaque bassin a été alimenté en eau de lagune avec un débit de 6 litres.min⁻¹. La durée totale de l'expérience a été de 56 jours. Pendant cette période, la température de l'eau a varié entre 26,0 et 28,0 °C, la concentration en oxygène dissous était de 4,0 à 6,0 mg.l⁻¹ et la salinité de l'eau n'a pas dépassé 3,0 g.l⁻¹.

Les silures utilisés, d'un poids initial d'environ 15 g, provenaient d'une population élevée dans un étang de la station où ils recevaient un aliment composé à 40 % de protéines brutes. Ils ont été triés et répartis au hasard en 18 lots de 100 individus de taille homogène dans les bassins d'élevages. Une période d'acclimatation de 14 jours a été respectée avant le début d'expérience.

8.2.2. Alimentation

Neuf régimes expérimentaux ont été testés. Sept régimes contenaient 33 à 61 % de protéines brutes avec un apport d'énergie digestible d'environ 1,40 MJ ED/100g d'aliment (régimes 1 à 7) et deux régimes contenaient 45 % et 51 % de protéines brutes avec une énergie digestible d'environ 1,60 MJ ED/100 g d'aliment (régimes 8 et 9). La formulation et la composition de ces aliments sont présentées dans le *tableau* 8.2. Chaque régime expérimental a été testé sur deux lots de poissons.

Tableau 8.2. - Formulation et composition centésimale des régimes expérimentaux.

Ingrédients	Régime								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Farine de poisson	31,2	42,4	50,9	61,3	71,7	84,0	93,4	63,0	72,5
Tourteau de soja	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	5,1	-	10,0	10,0
Maïs broyé	12,0	20,0	10,0	10,0	10,0	2,0	-	10,0	-
Son de blé	31,9	13,7	17,7	8,7	0,3	1,4	1,6	-	1,7
Refus de farine de manioc	5,0	5,0	5,0	5,0	3,0	2,5	-	3,0	3,0
Huile de foie de morue	4,9	3,9	1,4	-	-	-	-	9,0	7,8
Mélange vitaminique	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Mélange minéral	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Phosphate bicalcique	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Caractéristiques analytiques (% de la matière sèche)									
Protéines brutes (N x 6,25)	33,5	38,4	42,7	48,8	53,4	56,8	60,7	45,1	51,0
Matière grasse	9,5	7,7	5,8	4,2	3,9	4,0	5,7	14,2	13,7
Cendres	12,1	13,6	15,7	17,4	19,3	21,3	22,8	17,4	19,5
Cellulose brute	6,2	4,2	2,4	2,8	1,3	1,5	1,3	3,9	4,8
Extractif non azoté	38,7	36,1	33,4	26,8	22,1	16,4	9,5	19,4	11,0
Energie digestible (MJ/100g) ¹	1,43	1,42	1,40	1,38	1,40	1,40	1,46	1,60	1,56
P/E (mg protéine/kJ ED)	23,4	27,0	30,5	35,4	38,1	40,6	41,6	28,2	31,9

¹ Valeurs estimées (voir chapitre II)

Chaque régime comporte une partie constante représentée par les mélanges minéral et vitaminique et le phosphate bicalcique. La source principale de protéines est constituée par de la farine de poisson. Le taux protéique de chacun des régimes est ajusté en substituant la farine de poisson par du tourteau de soja, du maïs et du son de blé. L'apport lipidique provient, pour l'essentiel, de la farine de poisson et du complément apporté en huile de foie de morue. Chaque régime expérimental a été préparé selon la méthode décrite dans le chapitre II.

Tous les lots de poissons ont été nourris 3 fois par jour à 8h, 12h et 16h et ce, tous les jours (à l'exception des jours d'échantillonnage). Les aliments sous forme de

granulés ont été fournis, à la main par petites pincées, à raison d'une ration journalière de 7 % du poids vif des poissons de J1 à J28, diminuée à 5 % et 4% pour J28-J42 et J42-J56 respectivement.

8.2.4. Echantillonnage et méthodes d'analyses

Tous les 14 jours, 50 poissons de chaque lot ont été pêchés, au hasard, et pesés individuellement ($P \pm 1g$) afin d'effectuer le suivi de la croissance. En fin de chaque échantillonnage, tous les poissons de chaque lot ont été comptés et la détermination de la biomasse totale a été effectuée pour le réajustement de la ration alimentaire. En outre, un nettoyage complet des bassins a également été effectué pendant la pesée des poissons.

En début et en fin d'expérience, des individus de chaque lot ont été prélevés au hasard et congelés pour l'analyse de la composition corporelle globale. Après la congélation, les poissons ont été broyés ensemble et les analyses ont été effectuées sur le broyat de l'ensemble des poissons de chaque réplicat.

Analyse statistique: les résultats obtenus ont été comparés par une analyse de variance à 1 facteur. Le taux de protéine optimal requis dans l'aliment a été recherché par le test de Duncan au seuil de signification de 5 %.

8.3. RESULTATS

8.3.1. Survie et croissance (tabl. 8.3; fig. 8.1)

Au cours de cette expérience (56 jours), le taux de mortalité est resté faible, voire nul, et apparemment lié aux manipulations. Les poids moyens finaux sont compris entre 33 et 115 g selon les traitements. Les coefficients de variation de ces poids fluctuent selon les lots de 18,6 à 29,5 %.

A l'issue des vingt huit premiers jours d'élevage, la croissance des poissons est très différente selon les régimes. Le taux de croissance relatif et le taux de croissance spécifique (TCS) varient de 72 à 295 % et de 1,93 à 4,92 $\%.j^{-1}$ respectivement. L'analyse de variance met en évidence un effet significatif ($p < 0,05$) du taux de protéines du régime sur la croissance. Le taux de croissance spécifique augmente significativement ($p < 0,05$)

Tableau 8.3. - Survie et croissance de *H. longifilis* en fonction du taux de protéine dans le régime.

Les valeurs entre parenthèses indiquent les coefficients de variation. J0, J28, J56 : nombres de jours d'expérience.

Régime	Taux de protéines	Poids vif (g)			Taux de croissance relatif (%)		Survie (%)
	(%)	J0	J28	J56	J0-J28	J28-J56	J56
1,40 MJ ED/100g d'aliment							
1	33,5	13,7 ^a (13,3)	23,6 ^a (19,0)	33,2 ^a (21,0)	72,3 ^a	40,7 ^a	99 ^a
2	38,4	14,4 ^a (13,8)	28,2 ^a (18,5)	44,8 ^a (22,1)	95,8 ^b	58,9 ^b	100 ^a
3	42,7	14,4 ^a (14,4)	36,6 ^b (18,7)	66,6 ^b (18,6)	154,2 ^c	82,0 ^c	97 ^a
4	48,8	13,5 ^a (14,5)	39,3 ^b (18,2)	75,2 ^{bc} (23,0)	189,0 ^{cd}	91,4 ^{cd}	98 ^a
5	53,4	14,0 ^a (14,0)	43,4 ^{bc} (19,0)	89,5 ^{cd} (23,7)	210,0 ^{de}	106,2 ^{cd}	100 ^a
6	56,8	14,5 ^a (14,7)	57,6 ^d (20,4)	115,2 ^e (29,5)	294,5 ^f	100,0 ^{cd}	99 ^a
7	60,7	13,5 ^a (14,0)	43,1 ^{bc} (20,7)	79,2 ^{bcd} (28,4)	219,3 ^{de}	84,0 ^{cd}	100 ^a
1,60 MJ ED/100g d'aliment							
8	45,1	14,2 ^a (13,6)	48,4 ^c (18,3)	100,1 ^{de} (21,3)	240,9 ^e	106,8 ^d	96 ^a
9	51,0	13,3 ^a (14,8)	43,3 ^{bc} (20,5)	85,7 ^{bcd} (18,6)	225,6 ^{de}	97,9 ^{cd}	100 ^a

Les chiffres d'une même colonne ayant le même exposant ne diffèrent pas significativement au risque de 5 %.

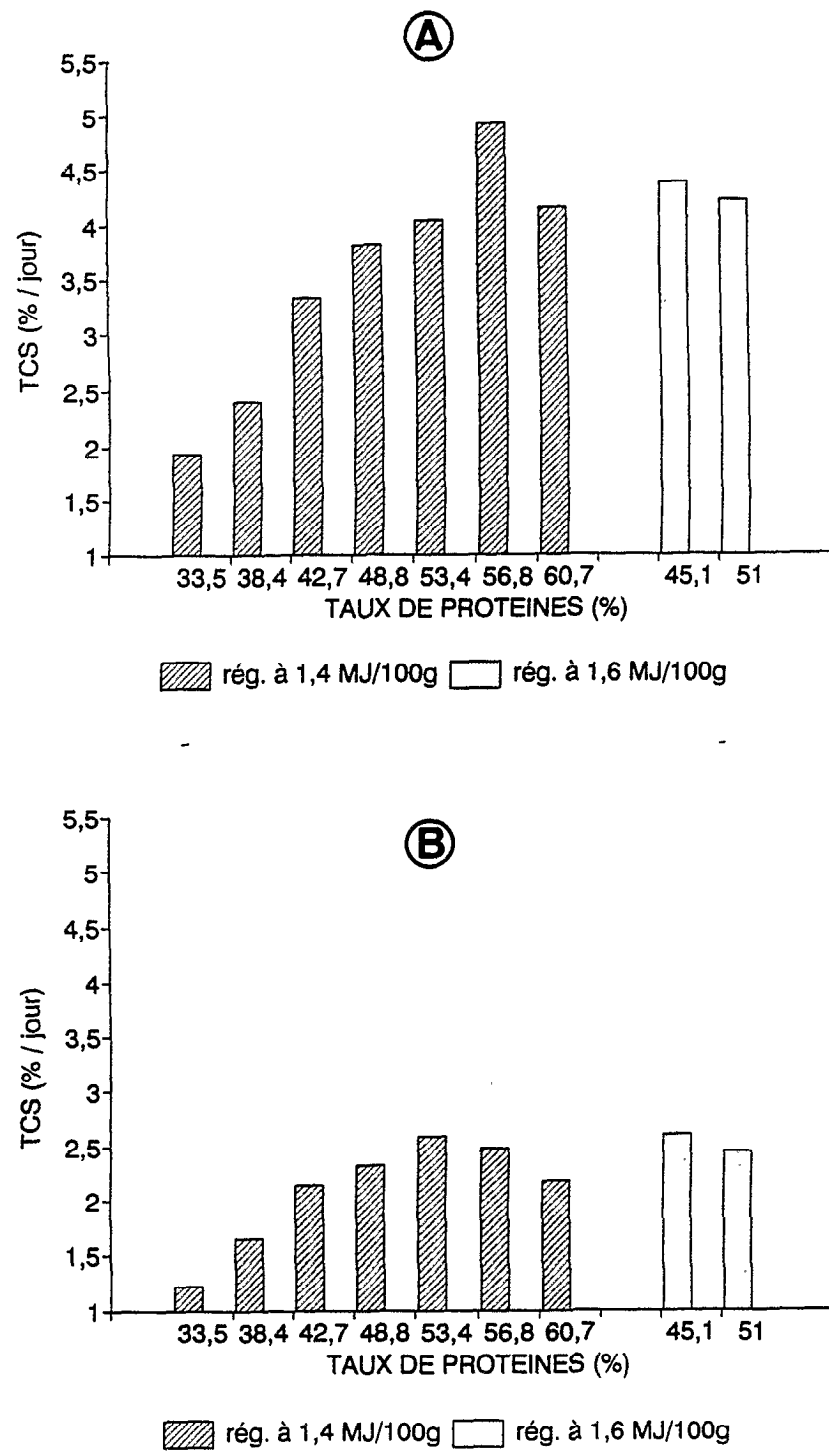


Figure 8.1. - Evolution du taux de croissance spécifique en fonction du taux de protéines du régime durant les vingt huit premiers jours (A) et vingt huit derniers jours (B) de l'expérience.

avec l'accroissement du taux de protéine dans le régime jusqu'à 56,8 % et diminue pour la valeur la plus élevée. Le taux protéique de 56,8 % (régime 6) permet d'obtenir la meilleure croissance; les poissons sont passés de 14,5 à 57,6 g après 28 jours d'élevage, ce qui correspond à un taux de croissance spécifique (TCS) de $4,92 \text{ } \%.j^{-1}$. Pour les lots nourris avec les régimes à 48,8, 53,4 et 60,7 % de protéines (régimes 4, 5 et 7), les TCS diffèrent peu et se situent entre 3,80 et $4,14 \text{ } \%.j^{-1}$. En revanche, pour les lots nourris avec les régimes les moins riches en protéines, de 33,5 à 42,7 % (régimes 1, 2 et 3), les TCS sont compris entre 1,93 et $3,34 \text{ } \%.j^{-1}$.

Durant les vingt huit derniers jours d'élevage, le taux protéique du régime permettant la meilleure croissance tend à diminuer. Les poissons nourris avec les régimes contenant 42,7 à 53,4 % de protéines ont un taux de croissance voisin de celui obtenu pour les lots nourris avec les régimes riches en protéines, de 56,8 à 60,7 %. Les comparaisons multiples de moyenne (test de Duncan) n'indiquent aucune différence significative dans la croissance de ces différents lots. Dans l'ensemble, les TCS sont compris entre 2,14 et $2,56 \text{ } \%.j^{-1}$. Pour les lots recevant les régimes à 33,5 et à 38,7 % de protéines (régimes 1 et 2), les TCS restent toujours faibles et se situent entre 1,23 et $1,66 \text{ } \%.j^{-1}$.

Chez les poissons nourris avec les régimes à 45,1 et à 51 % de protéines correspondant à un niveau énergétique d'environ 1,60 MJ ED/100g d'aliment (régimes 8 et 9), la vitesse de croissance observée après les 28 premiers jours d'élevage est similaire à celle obtenue pour les lots recevant les régimes à 53,4 et à 60,7 % de protéines contenant environ 1,40 MJ ED/100g d'aliment (régime 5 et 7). En revanche, cette croissance est significativement inférieure à celle obtenue pour les lots nourris avec le régime à 56,8 % de protéines. Pour ce dernier, le TCS est de $4,92 \text{ } \%.j^{-1}$, tandis qu'il est de 4,21 à $4,38 \text{ } \%.j^{-1}$ pour les lots recevant les régimes 8 et 9.

Dans la seconde période d'élevage (J28-J56), la croissance pour les poissons nourris avec les régimes 8 et 9 reste toujours élevée, comprise entre 2,45 et $2,60 \text{ } \%.j^{-1}$, et ne montre pas de différence significative avec les lots recevant les régimes 4, 5, 6 et 7 dans lesquels les TCS se situent entre 2,18 et $2,56 \text{ } \%.j^{-1}$.

8.3.2. Indice de consommation (fig. 8.2.)

Les indices de consommation (IC) obtenus sur l'ensemble de la durée d'expérience varient en sens inverse du taux de protéine dans le régime. Une diminution progressive des IC est observée lorsque le taux protéique du régime s'accroît.

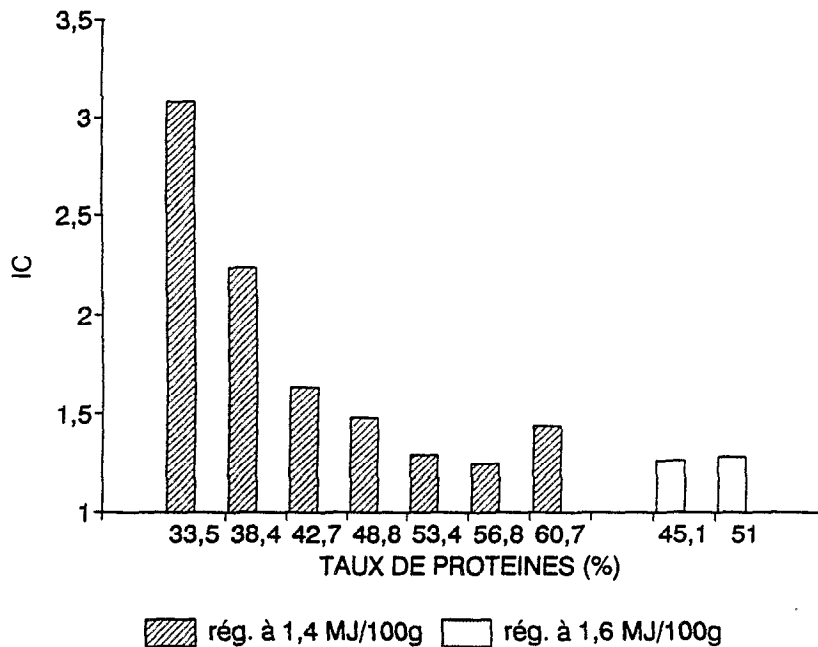


Figure 8.2. - Evolution de l'indice de consommation en fonction du taux de protéines du régime après 56 jours de l'expérience.

Les IC les plus élevés (1,64 à 3,08) sont observés chez les poissons nourris avec les régimes 1, 2 et 3 ($p < 0,05$), tandis que pour les lots nourris avec les régimes 4, 5, 6 et 7, les IC sont compris entre 1,24 et 1,48 et ne montrent pas de différence significative. Pour les poissons nourris avec les régimes 8 et 9, les IC sont faibles et compris entre 1,26 et 1,28.

8.3.3. Efficacité des protéines alimentaires (figs. 8.3; 8.4)

Le coefficient d'efficacité protéique (CEP = gain de poids / protéines ingérées) et le coefficient d'utilisation protéique apparente (CUPa = protéines fixées / protéines ingérées) varient en fonction du taux de protéines dans le régime. Le CEP s'accroît lorsque le taux de protéines dans le régime augmente de 33,5 à 42,7 %, puis demeure à peu près constant jusqu'au taux de 56,8 % et décroît pour le taux de 60,7 %. Les meilleurs CEP (1,41 à 1,45) sont observés chez les poissons nourris avec les régimes 3, 4, 5 et 6 ($p < 0,05$), tandis

que pour les lots nourris avec les régimes 1, 2 et 7, les CEP sont faibles et compris entre 0,98 et 1,17.

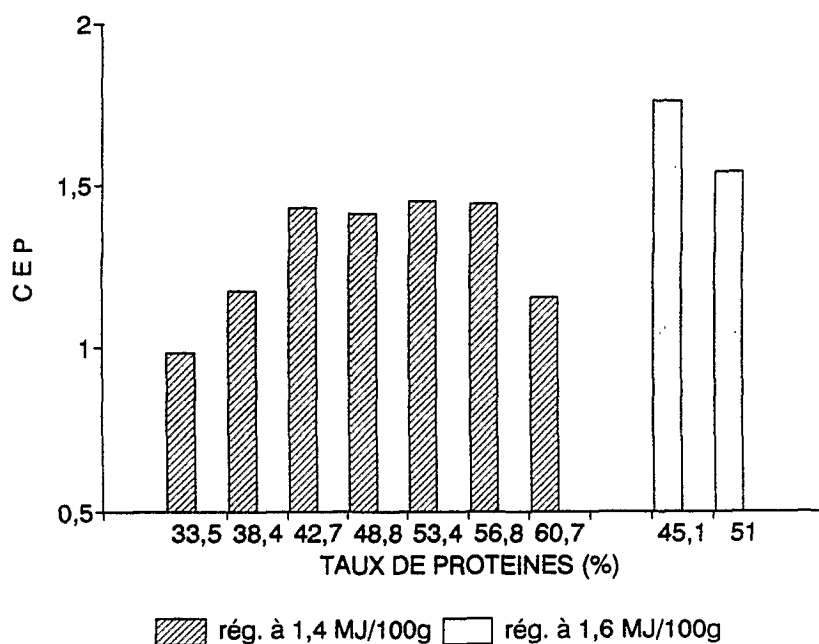


Figure 8.3. - Evolution du coefficient d'efficacité protéique en fonction du taux de protéines du régime après 56 jours de l'expérience.

Pour les poissons nourris avec les régimes renfermant 1,60 MJ ED/100g d'aliment (régimes 8 et 9), les valeurs de CEP sont plus élevées que les lots nourris avec les régimes contenant 1,40 MJ ED/100g d'aliment (régimes 1 à 7). Le CEP le plus élevé (1,76) est observé pour le lot nourri avec le régime renfermant 45,1 % de protéines et 14 % de lipides (régime 8). En revanche, pour les poissons nourris avec le régime à 51 % de protéines et 14 % de lipides (régime 9), le CEP s'améliore très peu et reste voisin de celui obtenu pour les lots nourris avec les régimes contenant 42,7 à 56,8 % de protéines et 4 à 6 % de lipides (régimes 3, 4, 5 et 6).

Le CUPa montre la même tendance que le CEP. Pour les poissons nourris avec les régimes 3, 4, 5 et 6, les CUPa, compris entre 22,3 et 23,3 %, sont significativement plus élevés ($p < 0,05$) que pour les lots recevant les régimes 1 et 2 où les CUPa sont de 13,6 à 16,7 %. Pour les lots nourris avec le régime 7, le CUPa est de 18,6 %.

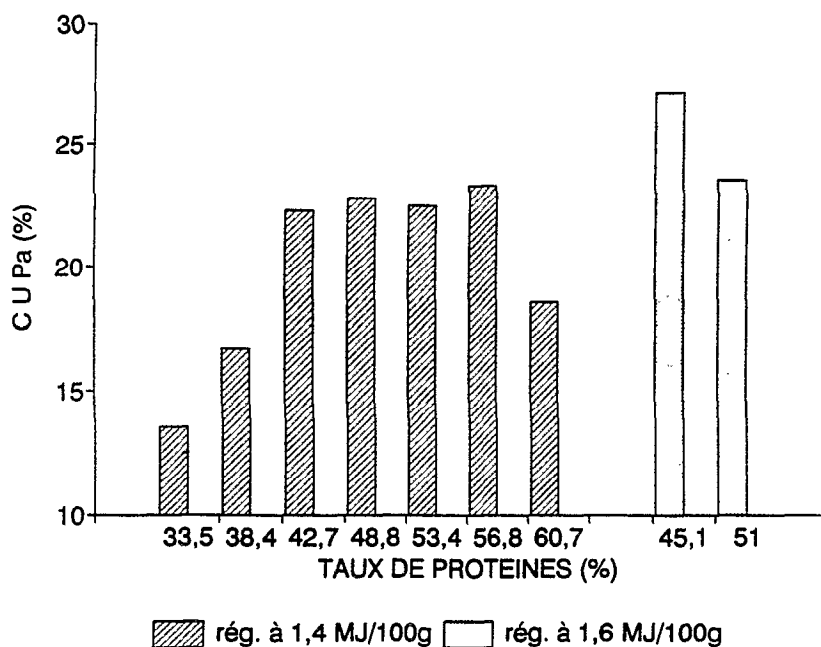


Figure 8.4. - Evolution du coefficient d'utilisation protéique apparente en fonction du taux de protéines du régime après 56 jours de l'expérience.

Pour les poissons nourris avec les régimes 8 et 9, les CUPa sont les plus élevés, compris entre 23,5 et 27,2 %, et ne montrent pas de différence significative avec ceux obtenus chez les lots nourris avec le régime à 56,8 % de protéines (régime 6).

8.3.4. Compositions corporelles (tabl. 8.4)

En fin d'expérience, les analyses de carcasse sur les poissons entiers montrent que la teneur en eau tend à s'accroître légèrement avec l'augmentation du taux de protéines dans le régime. Les poissons nourris avec les régimes 5, 6 et 7 ont une teneur en eau plus élevée que les autres lots. Inversement, les teneurs en lipides diminuent lorsque le taux de protéines dans le régime augmente. Cette teneur apparaît basse, de 1,4 à 2,2 %, chez les poissons nourris avec les régimes riches en protéines (régimes 5, 6 et 7), tandis qu'elle est significativement plus élevée (5,4 %; $p < 0,05$) pour les lots nourris avec le régime le plus faible en protéines (régime 1).

Tableau 8.4. - Composition corporelle des silures au début et à la fin de l'expérience (en pourcentage du poids frais).

Régime	Taux de protéines (%)	Eau (%)	Protéines brutes (%)	Cendres (%)	Lipides (%)
Initial	-	80,4 ^{ab}	14,4 ^{de}	2,9 ^a	2,3 ^e
1,40 MJ ED/100g d'aliment					
1	33,5	78,3 ^{cd}	13,9 ^e	2,4 ^a	5,4 ^a
2	38,4	78,2 ^{cd}	14,4 ^{de}	2,7 ^a	4,7 ^b
3	42,7	79,5 ^{abc}	15,0 ^c	2,5 ^a	3,0 ^{cde}
4	48,8	79,4 ^{bc}	15,7 ^{ab}	2,4 ^a	2,5 ^d
5	53,4	80,5 ^{ab}	15,4 ^{abc}	1,9 ^a	2,2 ^{ef}
6	56,8	80,4 ^{ab}	15,8 ^a	2,1 ^a	1,7 ^{fg}
7	60,7	80,8 ^a	15,8 ^a	2,0 ^a	1,4 ^g
1,60 MJ ED/100g d'aliment					
8	45,1	77,3 ^d	14,9 ^{cd}	2,7 ^a	5,1 ^{ab}
9	51,0	78,9 ^c	15,2 ^{bc}	2,3 ^a	3,6 ^c

Les chiffres d'une même colonne ayant le même exposant ne diffèrent pas significativement au risque de 5 %.

Les teneurs en protéines augmentent avec l'accroissement du taux protéique dans le régime. Les teneurs les plus faibles (13,9 à 14,4 %) sont observés pour les poissons nourris avec les régimes 1 et 2 ($p < 0,05$), tandis que pour les lots nourris avec les autres régimes, elles sont plus élevées et comprises entre 15,0 et 15,8 %. Les teneurs en cendres, comprises entre 1,9 et 2,7 %, tendent à diminuer lorsque le taux de protéine dans le régime augmente mais ne montrent pas de différence significative.

Pour les lots nourris avec les régimes riches en lipides (régimes 8 et 9), la teneur en eau, initialement de 80 %, diminue jusqu'à environ 78 % à la fin de l'expérience. Les teneurs en lipides sont comprises entre 3,6 et 5,1 %; elles sont plus élevées pour le lot nourri avec le régime 8. Les teneurs en protéines et en cendres sont peu variables et se situent entre 14,9 à 15,2 % et entre 2,3 à 2,7 % respectivement.

8.4. DISCUSSION ET CONCLUSION

La présente étude montre que la croissance et l'indice de consommation (IC) des juvéniles de *H. longifilis* est influencée par le taux de protéines dans le régime. Dans nos conditions expérimentales, les poissons nourris avec le régime à 56,8 % de protéines ont une croissance plus élevée et un indice de consommation plus faible que ceux recevant les régimes contenant 33,5 à 53,4 % et 60,7 % de protéines.

Les besoins en protéines permettant la meilleure croissance et le meilleur IC de *Heterobranchus* semblent élevés en comparaison de ce qui a été observé chez d'autres siluriformes. Chez les alevins de *Heteropneustes fossilis* (0,8 g de poids initial), la croissance optimale est observée avec des régimes contenant 27,7 - 35,4 % de protéines (Akand *et al.*, 1989). Chuapoe huk (1987) rapporte qu'un taux de protéines de 30 % permet d'obtenir la croissance optimale chez les alevins de *Clarias batrachus*. Pour *Clarias gariepinus* (10-12 g de poids initial), Degani *et al.* (1989) ont montré que, parmi les régimes testés (de 23 à 40 % de protéines), la vitesse de croissance la plus élevée est obtenue avec régime contenant 40 % de protéines. Chez *Heterobranchus*, les besoins élevés en protéines pourraient être associés au régime alimentaire naturel de cette espèce qui montre une préférence marquée pour les vertébrés et les insectes terrestres ainsi que pour les insectes aquatiques, qui sont essentiellement de nature protéique (Micha, 1973). Les différences interspécifiques notées peuvent cependant en partie s'expliquer par la variété des méthodologies utilisées (formulation des aliments tests et taux de nourrissage, notamment). Luquet (1990) rapporte que, indépendamment de la formulation, les modalités de distribution de la nourriture paraissent avoir de grandes incidences sur le rendement alimentaire.

Les besoins quantitatifs en protéines pour la croissance varient non seulement selon les espèces mais aussi avec l'état physiologique des poissons. Chez *Heterobranchus*, nos résultats montrent aussi que lorsque la taille des poissons augmente, le taux de protéine requis dans l'aliment pour assurer une croissance optimale semble diminuer. Les taux de croissance spécifique observés entre le 28^e et 56^e jour d'élevage, pour les poissons nourris avec les régimes contenant 42,7 à 53,4 % de protéines, sont voisins de ceux obtenus pour les lots recevant le régime à 56,8 % de protéines. Bien qu'une tendance à une diminution du taux optimal de protéine du régime, lorsque la taille des poissons augmente, apparaisse comme un cas général chez les poissons, celle-ci demanderait à être confirmée chez *Heterobranchus*.

Chez les poissons, le taux de protéines requis dans l'aliment pour assurer une croissance optimale est également influencé par la quantité d'énergie disponible dans l'aliment (Lee et Putnam, 1973; Garling et Wilson, 1976; Millikin, 1983; Daniels et Robinson, 1986; Barrows *et al.*, 1988). Chez *Heterobranchus*, une amélioration de la croissance et des IC est observée lorsque le niveau énergétique dans le régime augmente. Les poissons nourris avec le régime à 45 % de protéines et 14 % de lipides ont une croissance et un indice de consommation similaires à ceux observés chez les lots recevant le régime à 56,8 % de protéines et 4 % de lipides. Ceci montre que l'élévation du taux de lipide dans le régime à 45 % de protéines permet d'améliorer la croissance et l'indice de consommation. Chez *Salvelinus alpinus*, l'augmentation du taux protéique et du taux lipidique dans le régime résulte également en une amélioration de la croissance et de l'efficacité alimentaire (Tabachek, 1986).

Le coefficient d'efficacité protéique (CEP) et le coefficient d'utilisation protéique apparente (CUPa) sont influencés par le taux de protéines dans le régime. Le fait que le CEP et le CUPa demeurent sensiblement constants lorsque le taux de protéines augmente de 42,7 à 56,8 % et diminuent pour le taux protéique de 60,7 % (figs. 8.4 et 8.5) semble indiquer que seule une partie des protéines alimentaires assimilées est utilisée pour la croissance, l'autre servant à satisfaire les besoins énergétiques du poisson. L'utilisation préférentielle des protéines à des fins énergétiques, lorsque le niveau énergétique dans la ration n'est pas suffisant, est un phénomène connu chez les poissons (Cowey et Luquet, 1983; Cho et Kaushik, 1985). Les nutriments classiquement chargés de fournir l'énergie, lipides et glucides, peuvent donc être utilisés pour épargner des protéines (Luquet et Kaushik, 1981).

Chez *Heterobranchus*, une tendance à une amélioration de l'efficacité des protéines alimentaires peut être attendue lorsque l'apport énergétique dans la ration augmente. Un aliment à 14 % de lipides pour 45 % de protéines (régime 8) procure non seulement une bonne croissance mais aussi une meilleure utilisation des protéines alimentaires que la combinaison lipides 4 - 6 % et protéines 42,7 - 56,8 % (régimes 3, 4, 5 et 6). La production d'un kg de poisson avec le régime 8 nécessite en effet 568 g de protéines alors que 690 à 710 g de protéines sont nécessaires avec les régimes 3, 4, 5 et 6. Ceci montre que l'adjonction de 14 % de lipides au régime à 45 % de protéines permet d'épargner 122-142 g de protéines. Cette constatation semble donc indiquer que le taux de protéines requis dans l'aliment pour assurer une croissance optimale et une meilleure efficacité des protéines alimentaire chez *H. longifilis* pourrait être abaissé de 56,8 % à 45 %, si 14 % de matières grasses sont apportés. La possibilité de réduction du taux de protéines de la ration par une augmentation du taux lipidique dans le régime a été démontrée chez plusieurs espèces de poissons d'eau froide, en particulier chez *Salmo*

gairdneri (Lee et Putnam, 1973; Watanabe, 1977; Reinitz *et al.*, 1978; Reinitz et Hitzel, 1980; Beamish et Medland, 1986), chez *Dicentrarchus labrax* (Alliot, 1982) et chez *Salvelinus alpinus* (Tabachek, 1986). Pour les poissons d'eau chaude, Dupree *et al.* (1979) ont montré que, chez *Ictalurus punctatus* (d'un poids initial d'environ 7,0 - 7,5 g), le gain de poids et le dépôt de protéines dans les tissus sont maximaux lorsque les poissons ont été nourris avec un régime à 25 % de protéines et 15 % de lipides. De même, chez le tilapia rouge (hybride entre *Oreochromis mossambicus* et *O. niloticus*), une augmentation du taux de lipides jusqu'à 18 % dans les régimes à 15 - 30 % de protéines permet d'accroître l'efficacité des protéines alimentaires (De Silva *et al.*, 1991).

Chez la plupart des espèces de poissons étudiées, l'augmentation du taux protéique dans le régime peut modifier la composition corporelle (Dabrowski, 1977; Reinitz et Hitzel, 1980; Barrows *et al.*, 1988). Chez *Heterobranchus*, lorsque le taux protéique du régime augmente, la teneur en lipides des poissons entiers diminue. Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus chez *Sarotherodon mossambicus* (Jauncey, 1982), *Channa micropeltes* (Wee et Tacon, 1982) et *Salvelinus alpinus* (Jobling et Wandsvik, 1983a) pour lesquels les dépôts lipidiques dans les poissons sont minimaux lorsque le taux protéique du régime augmente. Nos résultats montrent par ailleurs que la teneur en protéines dans les poissons tend à augmenter avec l'acroissement du taux protéique dans le régime et apparaît plus faible pour les poissons nourris avec les régimes les plus pauvres en protéines. Akand *et al.* (1989) ont également montré que, chez *Heteropneustes fossilis*, les teneurs en protéines sur les poissons entiers sont faibles lorsque les poissons reçoivent des régimes à faible teneur en protéines.

En conclusion, le taux de protéines requis dans l'aliment pour assurer une meilleure croissance et un meilleur indice de consommation, chez *H. longifilis*, est estimé à 56,8 % avec 4 % de lipides pour les juvéniles d'un poids initial d'environ 13 g. Une croissance et un indice de consommation similaires peuvent être attendus lorsque les poissons sont nourris avec un régime à 45 % de protéines et 14 % de lipides. Ce dernier aliment permet d'obtenir les meilleurs CEP (1,76) et CUPa (27,19 %). Toutefois, lorsque la taille des poissons augmente, les besoins protéiques semblent diminuer, mais ceci demanderait à être confirmé.

CHAPITRE IX

ETUDE DU RAPPORT PROTEINO-ENERGETIQUE DANS L'ALIMENTATION DES JUVENILES EN PHASE DE GROSSISSEMENT

9.1. INTRODUCTION

Les premiers résultats obtenus chez les juvéniles de 13 g ont montré que *H. longifilis* a un besoin élevé en protéines, de l'ordre de 56,8 % et que ce besoin semble diminuer lorsque la taille de poissons augmente (*cf.* chapitre VIII). Chez les poissons, en général, l'influence de la taille ou de l'âge sur le besoin en protéines n'a été que peu étudiée malgré l'amplitude très importante des poids des animaux durant leur période d'élevage (Luquet et Kaushik, 1981). Une diminution des besoins en protéines lorsque le poids des poissons augmente a cependant été observée chez les tilapias (Winfrey et Stickney, 1981; Jauncey et Ross, 1982) et chez le poisson-chat américain (Winfrey et Stickney, 1984).

Jusqu'à présent, aucune étude sur le besoin en protéines de *H. longifilis* en phase de grossissement n'a été réalisée. L'objectif de ce chapitre est de déterminer le taux optimal de protéines et d'énergie nécessaire pour assurer une bonne croissance chez *H. longifilis* durant cette phase.

9.2. MATERIEL ET METHODES

Deux expériences ont été réalisées afin de déterminer le taux de protéines et l'énergie nécessaire dans l'aliment pour assurer une croissance optimale du silure à partir de 60 g. La première expérience avait pour but d'estimer le taux de protéines optimal dans l'aliment permettant la meilleure croissance. Dans la seconde expérience, nous avons essayé de déterminer l'effet d'un abaissement du taux de protéines dans l'aliment, en recherchant une relation entre le taux de protéines et l'apport énergétique du régime.

9.2.1. Conditions expérimentales

Expérience 1

L'expérience a été réalisée dans des cages-enclos de 2,0 x 2,0 x 1,5 m (maillage de 14 mm) implantées en milieu lagunaire. La durée totale de l'expérience a été de 72 jours. Pendant cette période, la concentration en oxygène dissous était de 4,8 à 5,3 mg.l⁻¹. La salinité n'a pas dépassé 2 g.l⁻¹. La température de l'eau a varié entre 27,4 et 31,5 °C pour J1-J56 et elle était descendue à 24,0-26,0 °C pour J56-J72.

Les juvéniles de silures d'un poids initial d'environ 60 g, provenant d'un étang de la station, ont été triés et répartis au hasard en 11 lots de 40 individus dans des cages-enclos. Chaque situation expérimentale était répliquée une fois. Un lot témoin maintenu à jeun a également été réalisé. Les poissons ont été acclimatés dans cette structure expérimentale pendant 10 jours avant le début de l'expérience. Pendant la période d'acclimatation, les poissons ont reçu un granulé à 35 % de protéines brutes, généralement utilisé pour le machoiron. La ration alimentaire était fixée à 4 % de la biomasse des poissons par jour.

Expérience 2

L'expérience d'une durée de 84 jours a été réalisée sur des silures d'un poids initial d'environ 67 g répartis au hasard en 18 lots de 35 individus, placés dans des cages-enclos de 4 m³. Chaque lot expérimental était répliqué une fois. Pendant la durée de l'expérience, la température de l'eau a varié entre 28,5 et 32,6 °C et la concentration en oxygène dissous était de 4,7 à 5,9 mg.l⁻¹. La salinité de l'eau en lagune au début de l'expérience était de 7-9 g.l⁻¹ et diminuait à 4 g.l⁻¹ en fin d'expérience. Une période d'acclimatation de 14 jours a été respectée avant le début de l'expérience.

9.2.2. Alimentation

Expérience 1

Cinq régimes expérimentaux ayant de 30 à 47 % de protéines brutes avec un apport énergétique d'environ 1,37 MJ ED/100g d'aliment ont été constitués. Leurs formulation et composition chimique sont rassemblés dans le *tableau 9.1*.

Tableau 9.1. - Formulation et composition centésimale des régimes expérimentaux.

Ingrédients	Régime				
	1	2	3	4	5
Farine de poisson	31,3	40,8	50,3	59,7	69,6
Son de blé	50,0	41,7	33,4	25,2	15,9
Maïs broyé	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Huile de foie de morue	4,2	3,0	1,8	0,6	-
Mélange vitaminique	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Mélange minéral	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
Phosphate bicalcique	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Caractéristiques analytiques (% de la matière sèche)					
Protéines brutes (N x 6,25)	30,3	32,3	38,7	40,7	47,0
Matière grasse	8,9	8,4	7,3	6,5	5,5
Cendres	12,4	20,1	15,3	17,9	19,6
Cellulose brute	5,8	5,1	4,1	3,1	2,5
Extractif non azoté	42,6	34,1	34,6	31,8	25,4
Energie digestible (MJ/100g) ¹	1,39	1,31	1,39	1,37	1,38
P/E (mg protéine/kJ ED)	21,8	24,7	27,8	29,7	34,1

¹ Valeurs estimées (voir chapitre II).

Chaque régime se compose d'une partie constante représentée par le maïs, les vitamines, le mélange minéral et le phosphate bicalcique. Le taux de protéines de chacun des régimes a été ajusté en substituant la farine de poisson par du son de blé. L'apport lipidique provient, pour l'essentiel, de la farine de poisson et du complément apporté en

huile de foie de morue. La méthode de fabrication des régimes est décrite dans le chapitre II.

Expérience 2

Neuf régimes expérimentaux (3 taux de protéines x 3 niveaux d'énergie) ont été constitués (*tabl. 9.2*).

Tableau 9.2. - Formulation et composition centésimale des régimes expérimentaux.

Ingrédients	Régime								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Farine de poisson	38,9	40,8	42,7	49,5	51,2	53,1	61,7	61,7	63,6
Tourteau de soja	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Maïs broyé	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
Son de blé	32,8	25,5	18,3	23,5	16,6	9,4	11,3	7,7	0,4
Refus de farine de manioc	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Huile de foie de morue	1,3	6,7	12,0	-	5,2	10,5	-	3,6	9,0
Mélange vitaminique	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Mélange minéral	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Phosphate bicalcique	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Caractéristiques analytiques (% de la matière sèche)									
Protéines brutes (N x 6,25)	34,5	36,0	33,7	40,2	42,7	42,5	48,8	45,7	47,4
Matière grasse	6,6	11,7	16,2	5,9	11,5	15,1	4,8	8,8	16,2
Cendres	13,4	14,0	13,6	14,5	15,5	14,4	15,9	16,5	16,6
Cellulose brute	6,0	7,8	7,8	4,7	4,5	4,9	5,2	2,9	2,2
Extractif non azote	39,5	30,5	28,7	34,7	25,8	23,1	25,3	26,1	17,6
Energie digestible (MJ/100g) ¹	1,34	1,46	1,57	1,37	1,53	1,63	1,38	1,49	1,70
P/E (mg protéine/kJ ED)	25,8	24,7	21,5	29,3	27,9	26,1	35,4	30,7	27,9

¹ Valeurs estimées (voir chapitre II).

Selon les régimes, les variations de la quantité de farine de poisson ont été compensées par une incorporation de son de blé. L'énergie des différents régimes est

principalement conditionnée par l'apport en huile de foie de morue. Les éléments constants dans chaque régime sont représentés par le tourteau de soja, le maïs, le refus de farine de manioc, les vitamines, le mélange minéral et le phosphate bicalcique. Le procédé de fabrication employé est présenté dans le chapitre II.

Après l'analyse de la composition globale des différents régimes expérimentaux, les résultats montrent que les teneurs en protéines sont de 35, 42 et 47 % du régime avec une erreur d'environ 3 %. Les valeurs d'énergie digestible des régimes (MJ ED/100g d'aliment) apportées principalement par les protéines, les lipides et les glucides ont été estimées selon les coefficients décrits dans le chapitre II. Les valeurs sont de 1,36, 1,49 et 1,63 MJ ED/100g d'aliment pour chaque niveau de protéines avec une erreur d'environ 3 %.

Dans chaque expérience, tous les lots de poissons ont été nourris 2 fois par jour à 8h30 et 16h30, 6 jours par semaine, sauf les dimanches et les jours d'échantillonnage. Les granulés ont été distribués à la main, par petites pincées, à raison d'une ration quotidienne de 4 % de la biomasse des poissons de chaque lot.

9.2.3 Echantillonnage et méthodes d'analyses

Dans les deux expériences, tous les 14 jours, tous les poissons de chaque lot ont été pêchés puis pesés individuellement ($P \pm 1g$) afin d'effectuer le suivi de la croissance et le réajustement de la ration alimentaire. En fin de chaque expérience, tous les poissons restants dans chaque lot ont été comptés afin de déterminer le pourcentage de survie.

En début et en fin de chaque expérience, cinq ou six poissons de chaque lot ont été prélevés et congelés pour l'analyse de la composition corporelle globale. Les analyses ont été effectuées sur le broyat de l'ensemble des poissons de chaque réplicat.

Analyse statistique: les données de survie, de croissance et d'efficacité alimentaire ont été traitées selon une analyse de variance à 1 facteur pour l'expérience 1 et à 2 facteurs pour l'expérience 2. Le taux de protéine optimal requis dans l'aliment a été recherché par le test de Duncan au seuil de signification de 5 %.

9.3. RESULTATS

9.3.1. Expérience 1

9.3.1.1. Survie et croissance (tabl. 9.3; fig. 9.1)

Aucune mortalité n'a été observée au cours de cette expérience. Les poids moyens finaux varient de 103,3 à 242,5 g selon les traitements. Les coefficients de variation de ces poids finaux sont relativement homogènes et compris entre 12,7 et 17,3 %.

Le taux de croissance relatif et le taux de croissance spécifique obtenus sur l'ensemble de la durée d'expérience varient de 74,4 à 309,3 % et de 0,77 à 1,96 $\%.j^{-1}$ respectivement. L'analyse de variance montre un effet significatif ($p < 0,05$) du taux protéique du régime sur la croissance. Les poissons nourris avec les régimes 4 et 5 (respectivement 40,7 et 47 % de protéines) ont les meilleures croissances (1,88 à 1,96 $\%.j^{-1}$), tandis que la moins bonne croissance (0,77 $\%.j^{-1}$) est notée chez les poissons recevant le régime 1 (30,3 % de protéines). Pour les lots nourris avec les régimes 2 (32,3 % de protéines) et 3 (38,7 % de protéines), les taux de croissance spécifique moyen sont de 1,30 et 1,57 $\%.j^{-1}$ respectivement.

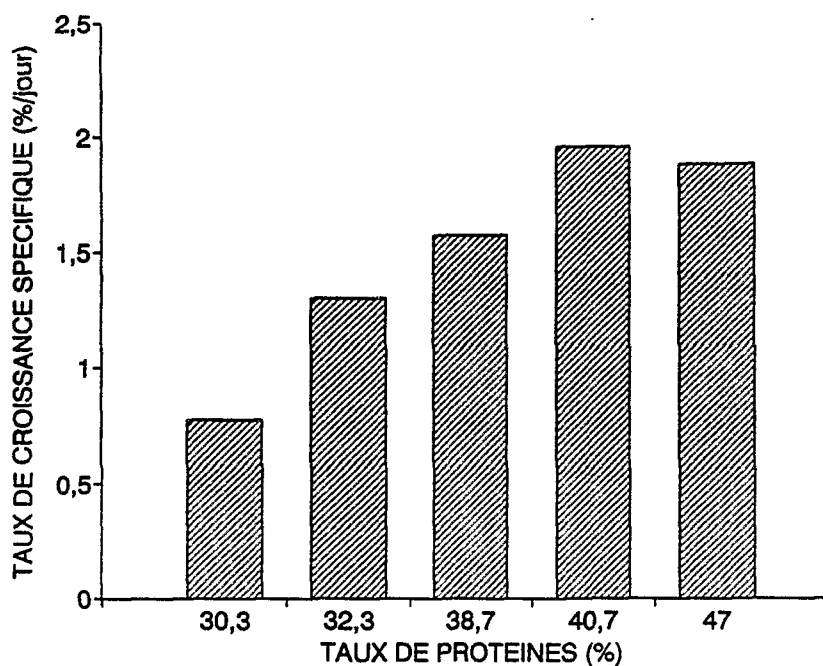


Figure 9.1. - Evolution du taux de croissance spécifique en fonction du taux de protéines dans le régime chez *H. longifilis*.

Tableau 9.3. - Effet du taux de protéines sur la croissance et l'efficacité alimentaire de *H. longifilis* après 72 jours d'expérience.
Les valeurs entre parenthèses indiquent les coefficients de variation.

Régime	Taux de protéines (%)	Poids initial (g)	Poids final (g)	Taux de croissance relatif (%)	Croissance journalière (g.j ⁻¹)	Indice de consommation	CEP	CUPa (%)
1	30,3	59,3 ^a (11,3)	103,3 ^a (12,7)	74,4 ^a	0,61 ^a	4,60 ^a	0,73 ^a	13,70 ^a
2	32,3	62,1 ^a (13,1)	158,9 ^b (15,8)	155,9 ^b	1,35 ^b	2,51 ^b	1,24 ^b	22,05 ^b
3	38,7	58,6 ^a (11,3)	180,9 ^b (17,0)	208,4 ^c	1,70 ^b	2,01 ^b	1,30 ^b	22,50 ^b
4	40,7	59,2 ^a (10,5)	242,5 ^c (17,3)	309,3 ^d	2,55 ^c	1,74 ^b	1,42 ^b	25,13 ^b
5	47,0	60,3 ^a (13,1)	233,0 ^c (16,7)	286,5 ^d	2,40 ^c	1,70 ^b	1,26 ^b	22,73 ^b
à jeun	-	56,6 ^a (11,2)	38,3 (13,6)	-32,3	-0,25	-	-	-7,56

Les chiffres d'une même colonne ayant le même exposant ne diffèrent pas significativement au risque de 5 %.

Pour les poissons maintenus à jeun, pendant 72 jours, le poids moyen diminue de 55,6 à 38,8 g, ce qui correspond à une perte de poids de $0,54 \text{ \%} \cdot \text{j}^{-1}$.

9.3.1.2. Indice de consommation (tabl. 9.3)

L'indice de consommation (IC) diminue significativement ($p < 0,05$) lorsque le taux protéique du régime augmente. Les meilleurs IC (1,70 et 1,74) sont obtenus chez les poissons nourris avec les régimes 4 et 5, tandis que le moins bon indice (4,60) est observé chez les poissons nourris avec le régime 1. Pour les lots nourris avec les régimes 2 et 3, les IC sont de 2,51 et 2,01 respectivement.

9.3.1.3. Efficacité des protéines alimentaires (tabl. 9.3)

Le coefficient d'efficacité protéique (CEP) augmente avec la concentration de protéines dans l'aliment mais décroît lorsque le taux de protéine dépasse 40,7 %. Dans l'ensemble, le CEP varie de 0,73 à 1,42. Les meilleurs CEP (1,24 à 1,42) sont observés chez les poissons nourris avec les régimes 2, 3, 4 et 5, tandis que pour les lots nourris avec le régime 1, le CEP est plus faible (0,73; $p < 0,05$).

Le coefficient d'utilisation protéique apparent (CUPa) montre la même évolution que le CEP. Le CUPa le plus élevé (25,1 %) est observé pour les poissons nourris avec le régime 4, alors que le CUPa le plus faible (13,7 %) est obtenu pour ceux recevant le régime 1. Pour les poissons nourris avec le régime 2, 3 et 5, les CUPa sont compris entre 22,1 et 22,7 %.

9.3.1.4. Compositions corporelles (tabl. 9.4.)

La composition corporelle des silures en fin d'expérience est significativement influencée par le taux protéique des régimes ($p < 0,05$).

La teneur en eau, initialement de 80,9 %, diminue jusqu'à environ 75 % à la fin de l'expérience. Cette teneur tend à décroître légèrement lorsque le taux de protéines du régime augmente. La teneur en eau est la plus faible (73,6 %) pour les lots recevant le régime 2. La concentration en lipides est maximale (7,4 %) pour les poissons nourris avec le régime 2, tandis qu'elle est minimale (5,1 %) pour ceux recevant le régime le plus riche en protéines (régime 5). La teneur en protéines varie entre 15,4 % et 17,2 % et est plus élevée pour le lot recevant le régime 5. Les cendres sont peu variables et se situent entre 2,5 et 2,8 %.

Tableau 9.4. - Compositions corporelles des silures au début et à la fin de l'expérience (Teneur en % du poids frais).

Régime	Taux de protéines (%)	Eau (%)	Protéines brutes (%)	Cendres (%)	Lipides (%)
Initial	-	80,9 ^a	14,5 ^a	2,0 ^a	2,6 ^a
1	30,3	75,5 ^b	15,4 ^{ab}	2,7 ^b	6,4 ^b
2	32,3	73,6 ^c	16,4 ^{bc}	2,6 ^b	7,4 ^c
3	38,7	75,2 ^b	16,4 ^{bc}	2,7 ^b	5,7 ^{bd}
4	40,7	75,3 ^b	16,2 ^{bc}	2,5 ^b	6,0 ^b
5	47,0	74,9 ^{bc}	17,2 ^c	2,8 ^b	5,1 ^d
à jeun	-	85,3 ^d	10,3 ^d	3,7 ^c	0,7 ^e

Les chiffres d'une même colonne ayant le même exposant ne diffèrent pas significativement au risque de 5 %.

Chez les poissons maintenus à jeun, la composition corporelle est très différente de la composition initiale. La teneur en eau s'accroît jusqu'à 85,3 %, soit environ 5 % d'augmentation. Les teneurs en protéines et en lipides, initialement de 14,5 % et de 2,6 %, diminuent jusqu'à 10,3 % et 0,7 % respectivement. Les cendres, initialement de 2,0 %, augmentent jusqu'à 3,7 %.

9.3.2. Expérience 2

9.3.2.1. Survie et croissance (tabl. 9.5; fig. 9.2)

Au cours de cette expérience, une mortalité intervenue entre le 30^e et le 40^e jour a été observée dans quelques lots de poissons. Cette mortalité n'était pas associée à un traitement particulier. Les pourcentages de survie en fin d'expérience sont compris entre 86 et 99 % et ne diffèrent pas significativement selon les traitements.

Le taux de croissance relatif et le taux de croissance spécifique obtenus sur l'ensemble de la durée d'expérience varient de 136 à 273 % et de 1,03 à 1,57 %.j⁻¹ respectivement. Le coefficient de variation des poids finaux est compris entre 13,9 et 29,6 % selon les traitements; il est plus élevé dans le lot où la croissance est la plus forte que

Tableau 9.5. - Effet du taux de protéines et de l'apport énergétique des différents régimes sur la croissance et l'efficacité alimentaire de *H. longifilis* après 84 jours d'expérience. Les valeurs entre parenthèses indiquent les coefficients de variation.

Régime	Energie digestible (MJ/100g)	Poids initial (g)	Poids final (g)	Survie (%)	Taux de croissance spécifique (%·j ⁻¹)	Croissance journalière (g·j ⁻¹)	Indice de consommation	CEP	CUPa (%)
35 % de protéines									
1	1,36	62,3 (14,2)	167,4 (21,0)	99	1,18	1,25	2,49	1,17	22,53
2	1,49	67,3 (8,4)	158,7 (17,9)	90	1,03	1,09	3,27	0,87	21,82
3	1,63	65,3 (15,6)	158,2 (20,9)	96	1,05	1,11	2,91	1,04	23,62
42 % de protéines									
4	1,36	66,5 (15,9)	206,1 (17,9)	92	1,35	1,66	2,41	1,05	21,65
5	1,49	62,5 (11,4)	182,4 (15,4)	96	1,28	1,43	2,31	1,02	20,50
6	1,63	72,3 (9,3)	249,0 (15,4)	93	1,47	2,11	2,03	1,17	24,64
47 % de protéines									
7	1,36	68,2 (9,2)	254,2 (29,6)	96	1,57	2,22	2,02	1,02	21,54
8	1,49	67,9 (10,9)	228,8 (13,9)	86	1,45	1,92	2,32	0,96	23,35
9	1,63	68,7 (10,3)	222,9 (15,4)	86	1,40	1,84	2,40	0,90	21,03

dans les autres lots. L'analyse de variance à 2 facteurs montre un effet significatif ($p < 0,05$) du taux de protéines mais pas d'effet du niveau énergétique sur la croissance.

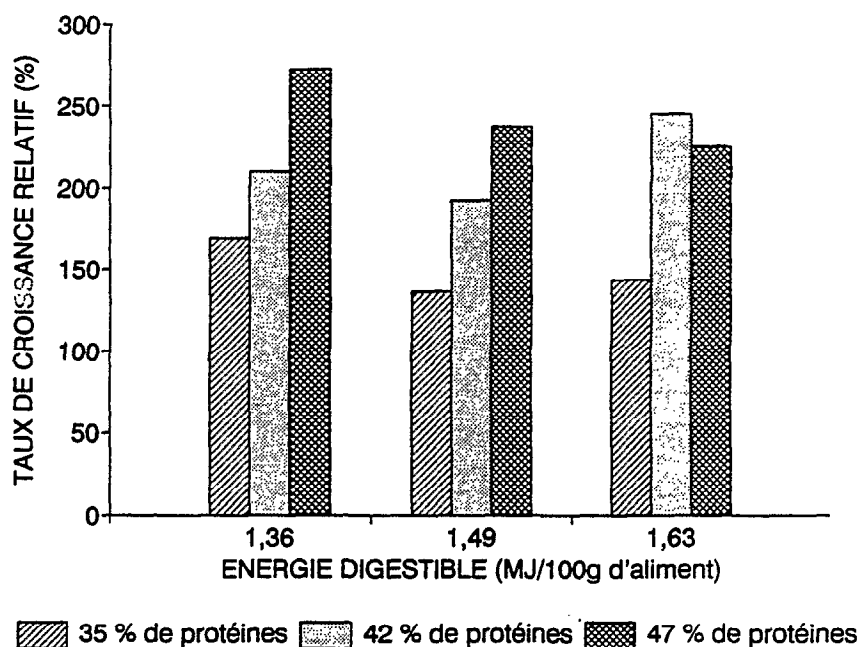


Figure 9.2. - Evolution du taux de croissance relatif en fonction du taux protéique et du niveau énergétique des régimes chez *H. longifilis*.

Quel que soit l'apport énergétique, les performances de croissance tendent à augmenter avec l'accroissement du taux de protéines du régime, de 35 à 47 % de protéines. Dans l'ensemble, le gain de poids relatif et le taux de croissance spécifique les plus forts sont observés pour les poissons nourris avec le régime à 47 % de protéines mais ceux-ci ne montrent pas de différence significative avec les lots recevant le régime à 42 % de protéines. Pour les poissons nourris avec le régime à 35 % de protéines, les taux de croissance spécifique moyens (1,03 et 1,18 $\% \cdot j^{-1}$) sont significativement plus faibles ($p < 0,05$) que lorsque les poissons reçoivent les régimes à 42 % et à 47 % de protéines (1,28 à 1,57 $\% \cdot j^{-1}$).

Bien que l'analyse des comparaisons multiples de moyennes ne montre pas d'effet significatif de l'apport énergétique des régimes sur la croissance, on observe néanmoins, pour les lots nourris avec les régimes à 35 et à 47 % de protéines, une tendance à une diminution de la croissance lorsque l'apport énergétique des régimes augmente. En

revanche, pour les lots nourris avec le régime à 42 % de protéines, la croissance tend à augmenter avec l'accroissement de l'apport énergétique des régimes et elle est plus élevée pour un apport énergétique de 1,63 MJ ED/100g d'aliment.

9.3.2.2. Indice de consommation (tabl. 9.5)

Les indices de consommation (IC) obtenus sur l'ensemble de la durée d'expérience sont relativement élevés et varient de 2,02 à 3,27 selon les traitements. Si l'analyse de variance ne montre pas d'effet significatif de l'apport énergétique des régimes, les IC sont en revanche significativement influencés par le taux protéique du régime ($p < 0,05$). En concordance avec les résultats de croissance, les meilleurs IC (2,02 à 2,41) sont observés pour les taux protéiques de 42 et de 47 % ($p < 0,05$), tandis que pour les lots nourris avec le régime à 35 % de protéines, les IC sont systématiquement plus élevés (2,49 à 3,27).

9.3.2.3. Efficacité des protéines alimentaires (tabl. 9.5)

Le taux protéique et l'apport énergétique des régimes n'ont pas d'effet significatif sur le coefficient d'efficacité protéique (CEP) et sur le coefficient d'utilisation protéique apparent (CUPa). Le CEP varie de 0,87 à 1,17 selon les traitements. Dans tous les cas, pour un même niveau de l'apport énergétique, le CEP est plus faible pour les poissons nourris avec le régime le plus riche en protéines (47 %) que pour ceux nourris avec les régimes à 35 et à 42 % de protéines. Le CEP le plus élevé (1,17) est obtenu chez les poissons nourris avec le régime à 35 % de protéines, pour un apport énergétique de 1,36 MJ ED/100 g d'aliment, et chez ceux recevant le régime contenant 42 % de protéines et 1,63 MJ ED/100 g d'aliment.

Les comparaisons multiples de moyennes n'indiquent aucune différence significative dans le CUPa de ces différents lots. Les CUPa pour les poissons nourris avec les régimes contenant 35 et 42 % de protéines, tendent à augmenter avec l'accroissement de l'apport énergétique des régimes et sont plus élevés pour un apport énergétique de 1,63 MJ ED/100g aliment. Dans ce dernier cas, les CUPa sont compris entre 23,6 et 24,6 %. Pour les lots recevant le régime à 47 % de protéines, le CUPa le plus élevé (23,4 %) est observé avec le régime contenant 1,49 MJ ED/100g d'aliment.

9.3.2.4. Compositions corporelles (tabl. 9.6)

Le taux de protéines et l'apport énergétique des régimes ont une certaine influence sur la composition globale des poissons entiers après 84 jours d'expérience, en

particulier au niveau des lipides totaux et de la teneur en eau ($p < 0,05$), sans qu'une interaction ne soit mise en évidence entre ces deux facteurs ($p > 0,1$).

Tableau 9.6. - Compositions corporelles des silures au début et à la fin de l'expérience (Teneur en % du poids frais).

Régime	Energie digestible (MJ/100g d'aliment)	Eau (%)	Protéines brutes (%)	Cendres (%)	Lipides (%)
Initial	-	78,9	13,6	1,6	5,9
35 % de protéines					
1	1,36	75,5	17,0	3,3	4,2
2	1,49	74,2	18,3	3,7	3,8
3	1,63	72,9	18,3	2,9	5,9
42 % de protéines					
4	1,36	73,4	17,2	3,4	6,0
5	1,49	74,8	17,4	2,8	5,0
6	1,63	71,0	17,9	3,4	7,7
47 % de protéines					
7	1,36	74,5	18,5	2,9	4,1
8	1,49	73,9	18,6	2,6	4,9
9	1,63	72,1	18,3	3,1	6,5

Dans tous les cas, la teneur en eau, pour les poissons nourris avec les régimes les plus riches en énergie (1,63 MJ ED/100g d'aliment), est significativement plus faible, environ 72 %, ($p < 0,05$) que lorsque les poissons reçoivent les autres régimes où cette teneur est d'environ 74 %. La teneur en lipides varie en sens inverse; elle est significativement plus élevée pour les poissons nourris avec les régimes ayant 1,63 MJ ED/100 g aliment ($p < 0,05$) que pour ceux recevant les autres régimes. La teneur en lipides corporels est aussi significativement influencée par le taux de protéines du régime. Elle apparaît basse chez les lots recevant les régimes à 35 et 47 % de protéines en comparaison de ceux nourris avec le régime à 42 % de protéines. Quant aux teneurs en protéines et en cendres, l'analyse de variance n'indique aucun effet du taux protéique et de l'apport énergétique sur ces paramètres. Les teneurs en protéines et en cendres sont peu variables et se situent entre 17,0 et 18,6 % et entre 2,8 et 3,7 % respectivement.

9.4. DISCUSSION ET CONCLUSION

Les premiers résultats obtenus chez les juvéniles en prégrossissement de *Heterobranchus longifilis* (13 g) ont montré que le taux protéique requis dans l'aliment pour permettre la meilleure croissance et le meilleur indice de consommation est de 56,8 %, ce taux semblant diminuer lorsque la taille de poissons augmente (cf. chapitre VIII). Dans cette étude, nos résultats indiquent que les besoins en protéines de *Heterobranchus*, d'un poids initial d'environ 60 g, se situent entre 41 et 43 %. Les résultats observés sur deux classes d'âge de poissons indiquent donc que les besoins apparents en protéines sont plus élevés chez les jeunes que chez les individus plus âgés qui présentent une croissance spécifique plus faible. Alliot et Pastoureaud (1984) ont estimé, chez *Dicentrarchus labrax*, le besoin protéique à 60 % pour le juvénile de 1 à 10 g et à 45-50 % pour celui de 20 g. Chez *Oreochromis niloticus*, la meilleure croissance est obtenue avec le régime renfermant 40 % de protéines pour les poissons de 1 g et de 30 % pour ceux de 40 g (Siddiqui *et al.*, 1988). Les jeunes poissons ont un métabolisme plus important que les individus plus âgés, se traduisant par un besoin plus élevé en protéines et en énergie. Les résultats obtenus, chez *Tilapia aurea* et chez *Ictalurus punctatus*, indiquent également une diminution des besoins en protéines lorsque le poids des poissons augmente (Winfree et Stickney, 1981 et 1984).

Croissance et indice de consommation

- Influence du taux de protéines

Les performances de croissance et l'indice de consommation (IC) mettent en évidence une moindre efficacité des aliments à bas niveau de protéines. Une croissance plus faible et des IC plus élevés sont observés, dans les expériences 1 et 2 respectivement, pour les poissons nourris avec les régimes à 30 et à 35 % de protéines. Ceci semble donc indiquer que, pour *Heterobranchus*, les régimes contenant 30 et 35 % de protéines sont trop limités pour faire face aux besoins de croissance. Cependant, le taux protéique de 30 à 35 % permet d'obtenir une croissance optimale chez un clariidé asiatique, *Clarias batrachus* (Chuapoehuk, 1987) et chez un autre silure, *Heteropneustes fossilis* (Akand *et al.*, 1989). Chez *Heterobranchus*, les besoins optimaux en protéines se situent entre 41 et 43 % et ne diffèrent apparemment pas beaucoup des autres poissons carnassiers, de même taille ou de taille supérieure, qui ont un besoin protéique apparent élevé. Le taux optimal est estimé à 40 % pour *Epinephelus salmoides* (Teng *et al.*, 1978), à 52 % pour *Channa micropeltes* (Wee et Tacon, 1982) et à 40 % pour *Clarias gariepinus* (Machiels et Henken, 1985; Henken *et al.*, 1986).

Chez les poissons, bien que la croissance soit généralement liée à la teneur de protéines dans la ration, un taux protéique supérieur à la valeur optimale n'améliore pas, ou même diminue, les performances de croissance. Chez *Chanos chanos* (Lim *et al.*, 1979), comme chez *Aristichthys nobilis* (Santiago et Reyes, 1991), aucune amélioration de la croissance n'est observée lorsque le taux protéique de la ration excède les besoins de l'espèce.

- Influence du niveau énergétique

Chez la plupart des espèces de poissons étudiées, il paraît assez bien établi que la consommation spontanée de nourriture est régulée par la teneur en énergie du régime (Lee et Putnam, 1973; Sabaut et Luquet, 1973; Jobling et Wandsvik, 1983a; Beamish et Medland, 1986; De Silva *et al.*, 1991). Lovell (1979) a montré que, chez le poisson-chat américain, la prise de nourriture est directement liée à la teneur en énergie du régime et ne dépend pas de la teneur en protéines tant que celle-ci ne dépasse pas 45 %. Dans cette étude, bien que l'analyse de variance n'ait pas permis de mettre en évidence d'effet significatif de l'apport énergétique sur la croissance et l'indice de consommation, une tendance à une diminution de la croissance et à une augmentation des IC a été observée dans les lots nourris avec les régimes à 35 et à 47 % de protéines, lorsque l'apport énergétique du régime augmente de 1,36 à 1,63 MJ ED/100g d'aliment (*tabl. 9.5*). Cette observation pourrait indiquer que l'augmentation de l'énergie digestible dans les rations conduit à une diminution de la prise alimentaire induisant une croissance plus faible et un indice de consommation plus élevé, en particulier pour les lots recevant les régimes à 35 % de protéines (régimes 2 et 3). Il est possible que les aliments distribués pour ces lots, avec une ration journalière fixée, ne soient pas tous consommés par les poissons. Dans de telles situations, l'augmentation des IC est simplement imputable aux pertes d'aliments non consommés. Ceci suggère donc que la croissance des poissons peut être limitée par la restriction de l'ingestion entraînée par les aliments riches en protéines et en énergie. Chez les juvéniles de *Sciaenops ocellatus*, Daniels et Robinson (1986) observent également une diminution de la croissance et de l'efficacité alimentaire lorsque l'apport énergétique dans la ration augmente.

Chez *Heterobranchus*, une tendance à une amélioration de la croissance et de l'IC dans les lots recevant le régime à 42 % de protéines a également été observée lorsque le niveau énergétique dans la ration augmente. L'incorporation de 15 % de matière grasse dans cet aliment a un effet favorable sur la croissance et l'indice de consommation que lorsque le même aliment contenant 6 % ou 11 % de lipides est distribué à cette espèce. Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus chez la truite arc-en-ciel (*Salmo gairdneri*),

pour laquelle une augmentation du taux de lipides jusqu'à 18 % dans le régime à 35 % de protéines conduit à une amélioration de la croissance et de l'indice de consommation (Watanabe *et al.*, 1979).

Efficacité des protéines alimentaires

A la différence des vertébrés supérieurs, les poissons ont la capacité d'utiliser les protéines comme source d'énergie, en plus des glucides et des lipides (Pieper et Pfeffer, 1979; Luquet et Kaushik, 1981). Cowey (1979) a montré que si l'aliment contient un excès de protéines, ce surplus est souvent utilisé comme source d'énergie. Dans les conditions de nos expériences, bien que l'analyse des comparaisons multiples de moyenne n'indique aucune différence significative dans les valeurs du coefficient d'efficacité protéique (CEP) et du coefficient d'efficacité protéique apparente (CUPa), le CEP paraît généralement plus faible dans les lots nourris avec le régime à 47 % de protéines. Le fait que le CEP et CUPa soient faibles lorsque le taux de protéines du régime dépasse un seuil optimal semble indiquer que seule une partie des protéines alimentaires assimilées est utilisée pour la croissance, l'autre servant à couvrir les besoins d'entretien. Pour la plupart des autres espèces de poissons étudiées, le CEP et le CUPa diminuent lorsque le pourcentage de protéines dans la ration augmente, en particulier chez *Ctenopharyngodon idella* (Dabrowski, 1977), chez *Sarotherodon mossambicus* (Jauncey, 1982), chez *Oreochromis niloticus* (Siddiqui *et al.*, 1988) et chez *Salvelinus alpinus*, (Jobling et Wandsvik, 1983a).

Afin d'éviter le gaspillage des protéines, plusieurs travaux ont montré que si un aliment contient l'essentiel de l'énergie nécessaire sous forme de lipides et de glucides digestibles, les protéines de la ration peuvent alors être fixées par l'organisme et non plus dégradées (Cowey et Luquet, 1983). Chez *Heterobranchus*, en concordance avec les résultats de croissance et d'IC, l'augmentation du niveau énergétique dans le régime à 42,5 % de protéines permet d'augmenter l'efficacité des protéines alimentaires. Le rapport des protéines fixées aux protéines ingérées augmente de 20 à 24 % lorsque le taux de lipides dans le régime s'élève de 6 à 15 %. La production d'un kg de poisson avec le régime renfermant 42 % de protéines et 15 % de lipides (régime 6) ne nécessite que 855 g de protéines, tandis que avec le même régime mais renfermant 6 ou 12 % de lipides, la quantité nécessaire est de 952 à 980 g de protéines. Cette constatation semble donc montrer que chez *Heterobranchus*, comme chez la truite (Watanabe *et al.*, 1979), les lipides sont bien utilisés sur le plan énergétique et la majorité des protéines alimentaires est bien assimilée et utilisée pour la croissance. Dupree *et al.* (1979) ont également montré que, chez *Ictalurus punctatus*, le gain de poids et le dépôt de protéines dans les tissus étaient améliorés par l'adjonction d'huile de poisson jusqu'à des taux de 15 % dans un régime à 25 % de protéines. Chez le tilapia rouge (hybride entre *Oreochromis mossambicus* et *O.*

niloticus), des taux lipidiques s'élevant à 18 % et correspondant à des niveaux protéiques de 15 à 30 % améliorent la croissance et l'efficacité des protéines alimentaires (De Silva *et al.*, 1991). Bien que les poissons manifestent une bonne tolérance à de forts taux de lipides tant au niveau digestif qu'au niveau métabolique, l'utilisation de fortes proportions de matières grasses dans les régimes doit prendre en compte les contraintes économiques et technologiques (difficultés de granulation, notamment; Luquet et Rumsey, 1979).

Composition corporelle

Les variations de la composition corporelle en fonction du taux protéique et de l'apport énergétique des aliments ont été rapportées chez plusieurs espèces de poissons (Cowey, 1979; Winfree et Stickney, 1981). Nos résultats montrent que les teneurs en lipides sur les poissons entiers sont significativement influencées à la fois par le taux protéique et par le niveau énergétique du régime. Les teneurs en lipides tendent à augmenter avec le taux lipidique du régime et sont plus importantes chez les poissons nourris avec le régime contenant 15 % de lipides. Chez la carpe, la teneur en lipides dans la carcasse augmente avec l'augmentation du taux lipidique et diminue avec l'augmentation du taux protéique (Murai *et al.*, 1985). Barrows *et al.*, (1988) ont également montré que, chez *Stizostedion vitreum*, un aliment riche en énergie résulte en une accumulation de lipides dans la carcasse plus importante qu'avec un aliment pauvre en énergie. Chez *Heterobranchus*, les lipides corporels tendent également à diminuer lorsque le taux protéique du régime augmente. Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus chez *Aristichthys nobilis* (Santiago et Reyes, 1991) et chez la carpe pour lesquelles une augmentation de la teneur protéique du régime alimentaire provoque une forte réduction de la teneur en lipides de l'organisme (Meske et Pfeffer, 1979).

Compte tenu des conditions de nos expériences, la présente étude montre que le taux optimal de protéines requis dans l'aliment pour assurer une croissance optimale de *H. longifilis*, d'un poids initial d'environ 60 à 70 g, est compris entre 41 et 43 %. Des taux élevés de lipides dans l'aliment à 42,5 % de protéines favorisent la croissance et améliorent l'indice de consommation ainsi que l'efficacité des protéines alimentaires. Le meilleur rapport protéino-énergétique se situe aux environs de 26,1 mg de protéine/kJ ED pour un aliment apportant 42,5 % de protéines et 15 % de lipides.

Chez *H. longifilis* comme chez les autres espèces de poissons étudiées, les lipides alimentaires constituent la source d'énergie la plus apte à épargner des protéines. Toutefois, l'efficacité des protéines alimentaires, estimée ici, tend à être plus faible que celle observée chez les autres espèces de poissons étudiées. Ceci pourrait être dû à la composition du régime testé et en particulier la qualité et la nature des protéines utilisées.

dans l'aliment. Dans notre cas, la farine de poisson, principale source de protéine animale, a une teneur en cendre très élevée (environ 20 %) par rapport à celle observée dans les autres farines de poissons (environ 10 %; NRC, 1983).

CINQUIEME PARTIE

APPROCHE METHODOLOGIQUE POUR UNE ETUDE DE DIGESTIBILITE

CHAPITRE X: ADAPTATION DES POISSONS AUX STRUCTURES D'EXPERIMENTATION

CHAPITRE X^(*)**ADAPTATION DES POISSONS
AUX STRUCTURES D'EXPERIMENTATION****10.1. INTRODUCTION**

L'adaptation des poissons en aquariums ou en bacs de volume restreint constitue souvent un préalable indispensable à une approche expérimentale, notamment dans le domaine de la physiologie. Il est toutefois fréquent que le confinement des individus dans ces structures, ou plus généralement dans les élevages intensifs, conduise à une réaction de stress pouvant se traduire par une perte de prise alimentaire, une sensibilité accrue aux organismes pathogènes ou par le développement d'une agressivité associée à une compétition spatiale ou alimentaire (Fenderson et Carpenter, 1971; Fagerlund *et al.*, 1981; Pickering et Stewart, 1984; Jobling, 1985). Parmi les facteurs susceptibles d'interférer avec ces comportements, l'importance du nombre d'individus élevés dans un volume donné (densité) a été soulignée en de nombreuses occasions (Fenderson et Carpenter, 1971; Wedemeyer, 1976; Fagerlund *et al.*, 1981; Knights, 1987; Kjartansson *et al.*, 1988; Wallace *et al.*, 1988), bien que le sens des effets observés, notamment sur la croissance ou la survie, soit variable et dépende dans une large mesure de la nature grégaire ou territoriale des espèces concernées (voir Brett, 1979 pour revue).

(*) Ce chapitre a fait l'objet d'une publication.

Kerdchuen N., M. Legendre, 1991. Effet favorable des fortes densités pour l'adaptation d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Pisces: Clariidae), en bacs de petit volume. *Rev. Hydrobiol. trop.*, (sous presse).

L'influence de la densité sur le comportement et l'adaptation du silure africain, *Heterobranchus longifilis*, est ici étudiée dans un module expérimental mis au point pour les études de digestibilité des matières premières entrant dans la composition des aliments (Hem *et al.*, 1987). Dans le milieu naturel, ce poisson est généralement solitaire, bien qu'il semble capable d'avoir un comportement collectif, notamment dans la recherche de nourriture (Bruton, 1979).

10.2. MATERIEL ET METHODES

L'expérience, d'une durée totale de 4 semaines, a été effectuée en janvier 1990 au Centre de Recherches Océanologiques (CRO) d'Abidjan dans un module expérimental composé de 10 bacs cylindroconiques en polyéthylène blanc de 60 cm de diamètre et de 40 cm de hauteur pour 90 litres de volume en eau (*fig.* 10.1). Ces bacs, équipés de récupérateurs de fèces de type Guelph (Cho *et al.*, 1985), étaient alimentés en eau de ville dans un circuit semi-ouvert avec un renouvellement journalier d'environ 10 %.

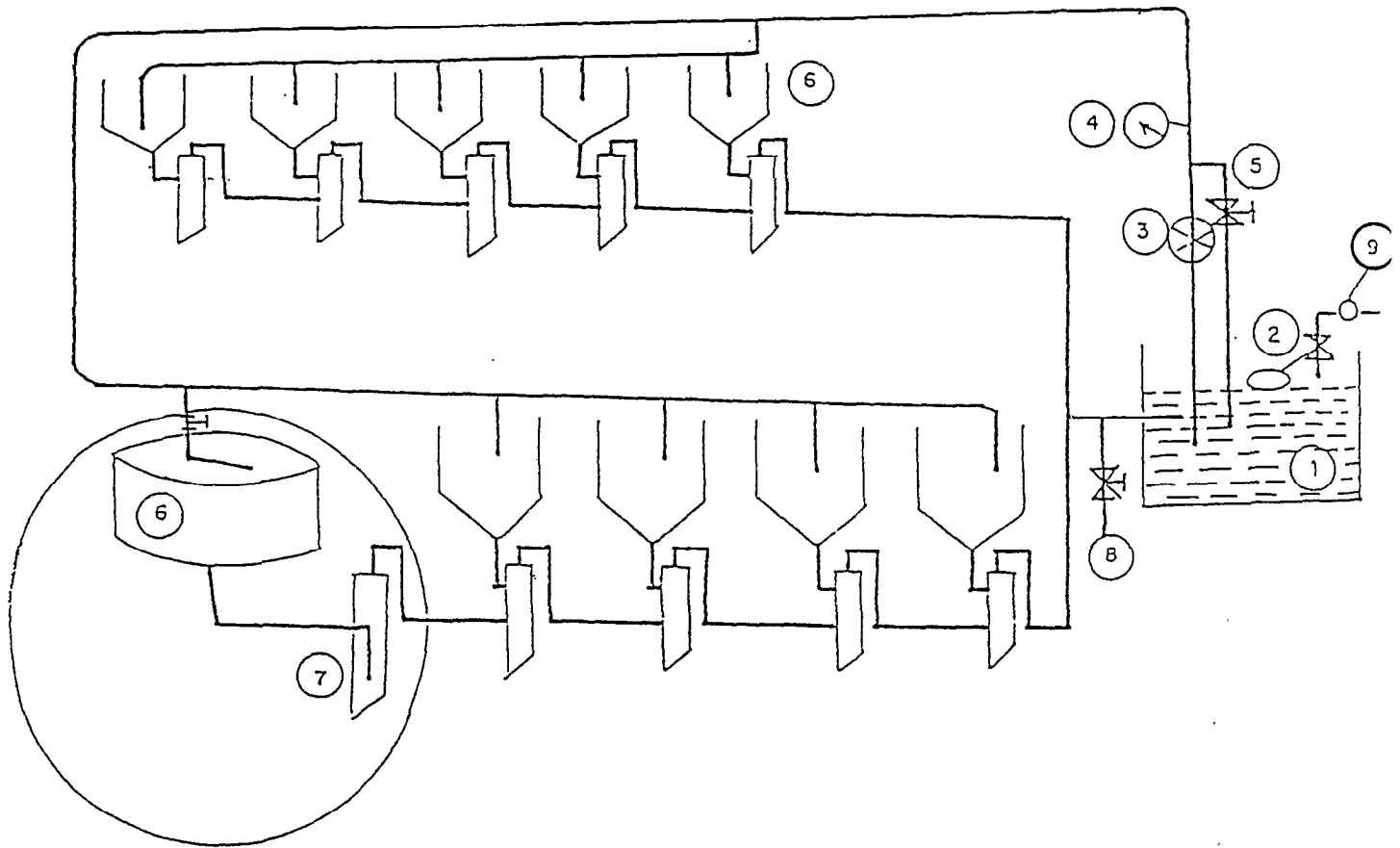
Les silures utilisés, d'un poids initial d'environ 110 g, provenaient de la station d'aquaculture expérimentale de Layo où ils ont été élevés, à la densité de 50 individus par m^3 , dans des bassins cimentés de 4 m^3 alimentés en eau de lagune (salinité de 4 à 6 g.l⁻¹). Ils ont ensuite été transportés au CRO et stockés, à la densité d'environ 200 individus par m^3 , en bassins circulaires en polyéthylène blanc contenant 1 m^3 d'eau de ville stagnante renouvelée quotidiennement.

Après 2 semaines d'acclimatation à l'eau douce dans ces structures, des lots de poissons ont été constitués et répartis au hasard dans les 10 bacs du module expérimental selon les densités suivantes :

- 5 individus par bac soit 56 individus par m^3
- 10 individus par bac soit 111 individus par m^3
- 20 individus par bac soit 222 individus par m^3
- 30 individus par bac soit 333 individus par m^3
- 50 individus par bac soit 555 individus par m^3

Chaque traitement était répliqué une fois.

Que ce soit pendant la phase d'acclimatation ou durant l'expérience, tous les poissons ont reçu un aliment composé, à 35 % de protéines brutes, sous forme de granulé de 3,5 mm, distribué quotidiennement en deux repas à satiété (8h00 et 17h00).



SCHEMA DU CIRCUIT D'EXPERIMENTATION

- | | | |
|----------------|------------------------|-------------------|
| 1. cuve | 2. robinet | 3. pompe |
| 4. manomètre | 5. by-pass | 6. bacs |
| 7. collecteurs | 8. évacuation réglable | 9. compteur d'eau |

Figure 10.1. - Dispositif expérimental, équipés de récupérateurs de fèces de type Guelph (*In: Hem et al., 1991*).

Le comportement général des poissons et leur prise alimentaire étaient observés attentivement lors de chaque distribution de granulés. Après 14 jours et en fin d'expérience (28 jours), tous les poissons de chaque lot ont été pêchés puis pesés individuellement ($P \pm 1g$) afin d'effectuer le suivi de la croissance. L'évolution de la mortalité a été suivie quotidiennement. En raison du caractère photophobe marqué de *Heterobranchus longifilis*, les poissons ont été maintenus dans la pénombre pendant toute la durée de l'expérimentation.

Analyse statistique: les poids moyens ont été comparés par une analyse de variance à 1 facteur et les lots expérimentaux homogènes recherchés par le test de Duncan.

10.3. RESULTATS

Dès le jour suivant leur mise en bac, les poissons montrent un comportement général très différent selon la densité initiale d'empoissonnement. Dans les lots correspondants aux densités les plus faibles (56 et 111 individus par m^3), on note une agressivité sporadique se traduisant par des poursuites entre individus et des lésions parfois importantes sur la peau et les nageoires, consécutives à des morsures. En revanche, aux fortes densités (333 et 555 individus par m^3), les poissons forment un groupe compact au sein duquel les individus sont en mouvement constant mais ne manifestent aucune agressivité. Dans cette situation, aucune trace de blessure n'a été observée.

Ces deux types de comportement se traduisent rapidement par une importante différence dans la mortalité observée (*tabl.* 10.1). A l'issue des deux premières semaines d'élevage, la mortalité excède 40 % dans les lots correspondant aux deux densités les plus faibles (56 et 111 individus par m^3), alors qu'elle reste très faible, voire nulle, dans les lots élevés à 333 ou 555 individus par m^3 . Un résultat intermédiaire est observé avec 222 individus par m^3 .

Les modifications de comportement observées durant les premiers jours d'élevage se traduisent également par une perte de la prise alimentaire dans tous les lots. Il en résulte une stagnation de la croissance ou même une perte de poids chez les poissons élevés à 222, 333 ou 555 individus par m^3 (*fig.* 10.2A; *tabl.* 10.1). La croissance apparente des poissons élevés à 56 ou 111 individus par m^3 semble en majeure partie résulter d'un artefact lié à une mortalité ayant affecté principalement les individus les plus petits de ces lots.

Tableau 10.1. - Mortalité et croissance pondérale de *H. longifilis* en fonction de la densité.

Les résultats présentés correspondent à la moyenne de 2 réplicats.

J0, J14, J28 : nombres de jours d'expérience

Densité (Nb./m ³)	Mortalité (%)		Poids vif (g)		
	J0 - J14	J14 - J28	J0	J14	J28
56	40	0	112,8 (27,0)	123,8 (35,0)	142,4 (31,9)
111	45	0	110,8 (27,1)	125,5 (33,0)	143,1 (32,1)
222	25	0	110,9 (27,1)	103,5 (31,3)	121,2 (29,6)
333	4	0	106,2 (24,8)	102,8 (27,5)	126,7 (26,4)
555	0	0	103,4 (26,0)	105,1 (24,2)	126,6 (25,1)

() : coefficients de variation

Après 10 à 14 jours, l'ingestion des aliments tend progressivement à revenir à la normale quelle que soit la densité d'empoissonnement. Les poissons, généralement posés au fond des bacs, ne montrent une activité importante qu'au moment de la distribution de l'aliment qui est ingéré de plus en plus efficacement.

Durant les 14 derniers jours d'élevage, aucune mortalité n'est observée et il est noté un gain de poids pour tous les lots (*fig.* 10.2B; *tabl.* 10.1). Bien que l'analyse de variance ne montre pas d'effet significatif de la densité sur la croissance, il est cependant à noter que les croissances les plus élevées (1,54 à 1,71 g.j⁻¹) sont observées dans les lots correspondants aux deux densités les plus fortes. En outre, le coefficient de variation du poids moyen augmente plus dans les lots maintenus à faible densité que dans ceux où la densité d'empoissonnement est plus élevée (*tabl.* 10.1).

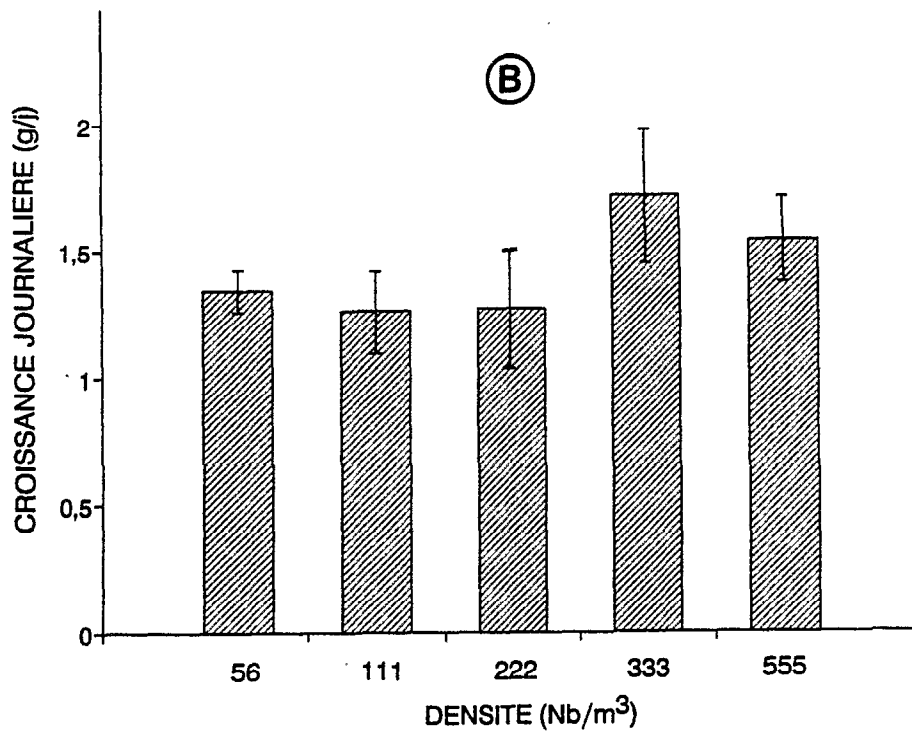
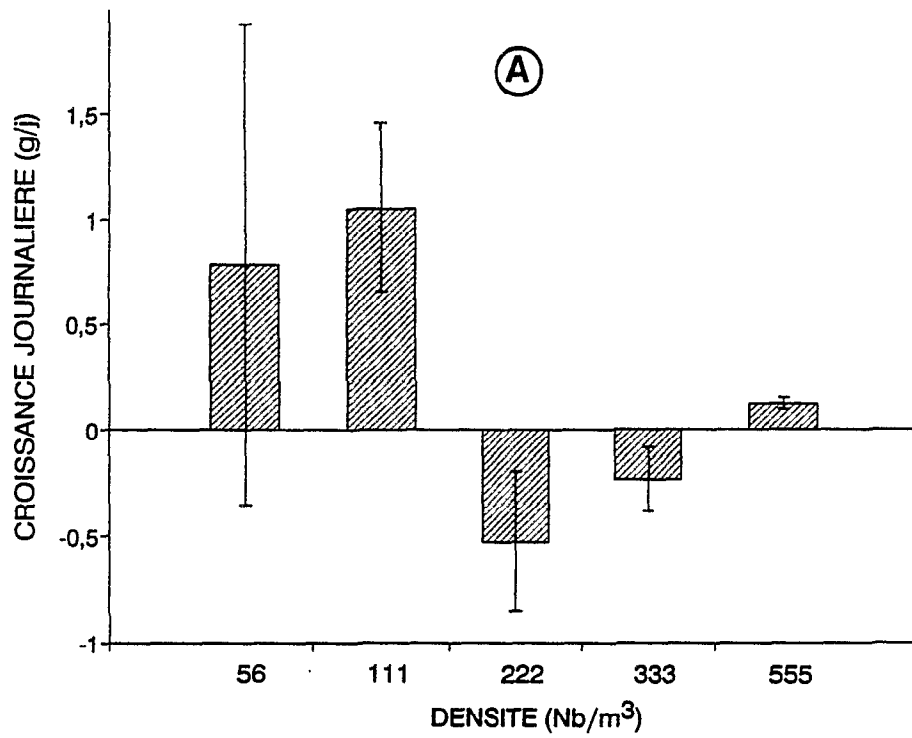


Figure 10.2. - Croissance journalière moyenne de *H. longifilis* en fonction de la densité durant les quatorze premiers jours (A) et quatorze derniers jours (B) de l'expérience.

Les barres verticales indiquent les écarts entre réplicats.

10.4. DISCUSSION ET CONCLUSION

L'absence généralisée de prise alimentaire dans les jours qui suivent le transfert des poissons dans les bacs de l'unité expérimentale, indique une situation de stress quelle que soit la densité d'élevage. Toutefois, deux types de comportements sont générés par cette situation en fonction de la densité. Aux densités les plus faibles, les poissons manifestent une agressivité sporadique qui conduit rapidement à une forte mortalité, tandis que, aux densités les plus fortes, les phénomènes d'agression disparaissent et les poissons montrent au contraire un comportement collectif et forment un groupe serré. Ces observations sont en accord avec celles effectuées pour les alevins et juvéniles de *Salvelinus alpinus*, chez lequel les fortes densités favorisent le gréganisme et inhibent simultanément le développement du comportement agressif, tandis que les faibles densités favorisent les comportements territoriaux et antagonistes (Wallace *et al.*, 1988). Une augmentation des attaques et des lésions corporelles est également rapportée chez *Ictalurus punctatus* (Davis *et al.*, 1984) et chez *Anguilla anguilla* (Seymour, 1984) lorsque la densité est réduite. Il est toutefois à noter que ces réactions comportementales peuvent dépendre des conditions d'expérimentation. En effet, dans les bassins extérieurs ou dans les cages de 4m³ utilisés plus classiquement dans les élevages de *H. longifilis*, aucune augmentation de l'agressivité n'a été observée même pour des densités inférieures ou égales à 50 individus par m³. Ceci suggère que plus que la densité en elle-même, ce peuvent être l'effectif de la population ou l'espace vital disponible qui interviennent sur l'expression de ces comportements.

Dans cette étude, l'augmentation des coefficients de variation des poids finaux observés aux faibles densités pourrait simplement s'expliquer par la réduction des effectifs liée aux mortalités. Mais elle pourrait aussi résulter de l'installation d'une hiérarchie de dominance au sein de la population (Brett, 1979; Jobling et Wandsvik, 1983b). Chez *Oncorhynchus kisutch*, dans un élevage réalisé avec des populations de 6 individus placés en bacs de 40 litres, Ejike et Schreck (1980) ont montré que la hiérarchie sociale s'établit dès le premier jour après la mise en bac et que les individus dominés présentent la plus forte réaction de stress. Les individus les plus bas dans la hiérarchie sociale ont généralement une croissance faible et leur consommation alimentaire peut rester réduite même lorsque les quantités distribuées ne sont pas limitantes (Jobling, 1985). Chez les poissons, la dominance est souvent associée à une plus grande taille corporelle, bien que l'apprentissage puisse aussi être important (Knights, 1987). Ceci pourrait expliquer que la mortalité ait affecté principalement les petits individus dans les groupes de densités les plus faibles.

L'absence de mortalités et la reprise de la consommation des aliments et de la croissance observées après 10 à 14 jours d'élevage indiquent une adaptation progressive des poissons aux bacs d'expérimentation.

En conclusion, nos résultats montrent que la densité a un rôle important sur l'adaptation de *H. longifilis* en bacs expérimentaux de petit volume. L'utilisation d'une forte densité (30 à 50 individus par bac soit 333 à 555 individus par m³) est vivement recommandée car elle permet de limiter l'expression de l'agressivité et la mortalité qui en résulte. En outre, une période d'adaptation de 14 jours doit également être respectée en préalable à la réalisation d'une expérimentation dans ce type de structure.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

Les travaux de recherches conduits au Centre de Recherches Océanologiques (CRO) d'Abidjan depuis une dizaine d'année sur les espèces autochtones d'intérêt aquacole ont bien démontré le remarquable potentiel du clariidé *Heterobranchus longifilis* pour la pisciculture intensive, aussi bien en milieu lagunaire qu'en milieu continental. Les techniques d'élevage de cette espèce, depuis le stade larvaire jusqu'à la taille marchande sont à présent bien maîtrisées (Legendre, 1991). Toutefois, le développement de l'élevage en vraie grandeur de ce poisson nécessite encore des connaissances précises sur la nutrition et l'alimentation pour permettre une optimisation des performances de croissance et une diminution des coûts de production.

Dans ce contexte, une étude approfondie visant à identifier les conditions optimales d'alimentation et à préciser les besoins nutritionnels de *H. longifilis* aux différents stades de l'élevage (alevinage, prégrossissement et grossissement) a été réalisée. Elle a permis de fournir de premières bases scientifiques à une méthodologie d'alimentation de cette espèce en élevage intensif. En outre, divers aspects des connaissances acquises concernant l'alimentation des alevins et juvéniles peuvent également servir de base de comparaison avec d'autres espèces de siluriformes, notamment de clariidés, utilisés en pisciculture. Cette confrontation des caractéristiques biologiques, physiologiques et écologiques de différentes espèces de siluriformes devrait permettre une avancée plus efficace des connaissances sur l'ensemble de ce groupe et préciser la validité d'un modèle siluriforme éventuel. Ainsi, à titre d'exemple, les effets positifs d'un nourrissage en continu pendant la phase nocturne, constatés tant chez *H. longifilis* que chez *Clarias gariepinus* ou *Heteropneustes fossilis*, apparaissent comme un trait assez général des siluriformes qui demanderait à être vérifié pour d'autres espèces d'élevage telles que *Chrysichthys nigrodigitatus* et *Ictalurus punctatus*.

L'étude de l'alimentation larvaire a permis d'identifier différents types d'aliments qui pourraient remplacer l'*Artemia*, considérée comme un excellent aliment de départ pour l'élevage larvaire au sein des clariidés, mais non disponible localement et d'un

coût élevé. Les essais comparatifs, réalisés avec des proies planctoniques (*Moina*, notamment) et avec un aliment composé à base de levure et de foie de boeuf, ont montré que l'on peut obtenir une survie aussi élevée qu'avec l'*Artemia*, mais avec une croissance plus faible au cours des deux premières semaines d'élevage. Ces résultats très encourageants dans l'utilisation d'un aliment composé pour démarrer l'élevage larvaire de *H. longifilis* nous ont conduit à poursuivre les recherches plus avant dans cette voie.

Une étude visant à améliorer la croissance des larves et alevins nourris avec un aliment composé et à préciser les besoins lipidiques des stades précoces de ce siluriforme tropical a donc été réalisée par incorporation à l'aliment d'huiles différant par leur composition en acides gras. Après 15 jours de nourrissage, l'ensemble des résultats montre que la croissance des alevins est directement influencée par la qualité de l'apport lipidique réalisé. Les meilleures croissances sont obtenues avec les régimes contenant de l'huile de palme ou de coprah. La croissance des larves paraît diminuée par un excès d'acides gras (AG) de la série n-3 (huile de foie de morue) comme par un excès d'AG de la série n-6 (huile de coton) dans les aliments. En outre, une amélioration de la croissance est observée lorsque les poissons reçoivent un régime contenant un mélange d'huiles de palme et de foie de morue. Ceci suggère qu'il existe un rapport optimal entre les AG n-3 (en particulier le 22:6n-3) et les AG n-6 (18:2n-6 ou 20:4n-6) pour la couverture en acides gras essentiels des larves. La zone favorable paraît se situer entre 0,5 et 1,0 % d'AG n-3 dans le régime avec un rapport entre AG n-3 et AG n-6 compris entre 0,2 et 0,5.

D'un point de vue pratique, les alevins nourris avec les aliments composés supplémentés en huile de palme ou avec un mélange d'huiles de palme et de foie de morue atteignent d'ores et déjà un poids suffisant (bien qu'inférieur à ceux obtenus avec l'*Artemia*) pour que l'élevage puisse être poursuivi en étang de prégrossissement dans de bonnes conditions. Toutefois, une amélioration des aliments composés de démarrage reste un axe de recherches pour optimiser la croissance larvaire. Dans ce sens, l'étude des besoins spécifiques en acides gras des larves et alevins demande encore à être approfondie. L'effet éventuel de l'alimentation des géniteurs sur la composition en AG des ovules et des larves au cours de la période lécitotrophe et hétérotrophe précoce demanderait à être vérifié et éventuellement quantifié.

Les études réalisées sur les modalités de présentation et de distribution des aliments et sur les besoins nutritionnels des juvéniles en phases de prégrossissement et de grossissement ont permis d'adapter la méthodologie de nourrissage aux exigences particulières de *H. longifilis* et de favoriser l'expression de son potentiel de croissance.

La quantité journalière d'aliment nécessaire pour obtenir une bonne croissance et une bonne efficacité alimentaire pour les poissons en début de phase de prégrossissement a été déterminée. Elle est estimée à 20 et à 12 % de la biomasse des poissons pour les

individus de 1 et 10 g respectivement, lorsqu'ils reçoivent un aliment complet pour alevins de truite, à 56 % de protéines brutes, distribué en 4 repas fractionnés sur l'ensemble du nycthémère. Pour les poissons de taille supérieure à 10 g, les rations alimentaires restent encore à déterminer.

Les modalités de présentation et de distribution des aliments constituent un facteur important d'optimisation de la croissance et de l'efficacité alimentaire. Une distribution des aliments sous forme de granulé permet d'obtenir une meilleure croissance et un meilleur indice de consommation que lorsque les mêmes aliments sont distribués sous forme pulvérulente. Une nette amélioration de la croissance et des indices de consommation est également observée lorsque les poissons sont nourris en continu plutôt qu'en repas fractionné, pour un taux de rationnement journalier fixé à 3 % du poids vif des poissons. Une distribution durant la nuit conduit aussi à de meilleures performances que lorsque les poissons sont nourris durant le jour. La meilleure croissance observée avec une distribution nocturne pourrait résulter d'une meilleure utilisation des aliments en relation avec une variation circadienne du métabolisme et de son contrôle hormonal.

Sur le plan nutritionnel, les besoins en protéines relativement élevés de *H. longifilis* paraissent pouvoir être mis en relation avec son régime alimentaire naturel, omnivore à forte tendance carnassière. Chez les juvéniles d'un poids initial d'environ 13 g, le taux de protéines requis dans l'aliment pour assurer la meilleure croissance et le meilleur indice de consommation est estimé à 56,8 % pour un aliment contenant 4 % de lipides. Une croissance et un indice de consommation similaires peuvent être attendus lorsque les poissons sont nourris avec un régime à 45 % de protéines et 14 % de lipides. Les besoins apparents en protéines semblent diminuer lorsque la taille de poissons augmente. Pour les individus d'un poids initial d'environ 60 g, le taux de protéines dans l'aliment permettant d'assurer une croissance optimale se situe entre 41 et 43 %. Des taux élevés de lipides dans l'aliment à 43 % de protéines favorisent la croissance et améliorent l'indice de consommation ainsi que l'efficacité des protéines alimentaires. Le meilleur rapport protéino-énergétique se situe aux environs de 26,1 mg de protéine/kJ ED pour un aliment apportant 43 % de protéines et 15 % de lipides.

Sur le plan pratique, si les résultats obtenus ont permis d'améliorer sensiblement le rendement des élevages, la mise au point d'une formule alimentaire à moindre coût et complètement adaptée aux besoins nutritionnels spécifiques de l'espèce, réalisable à partir des sous-produits agricoles et agro-industriels disponibles localement, reste encore à effectuer. La mesure des coefficients d'utilisation digestive apparente des éléments nutritifs contenus dans les matières premières serait utile à la définition d'une formule adaptée pour *H. longifilis*. A l'heure actuelle, ce type de travail peut être effectué dans les bacs

cyindroconiques équipés de récupérateurs de fèces de type Guelph installés sur le CRO. Notre étude sur l'adaptation des poissons à l'élevage en confinement dans ce type de structures montre que la densité joue un rôle important sur le comportement du poisson. Les fortes densités (333 ou 555 individus par m³) permettent de limiter l'expression de l'agressivité et la mortalité qui en résulte.

Dans leur ensemble, les résultats obtenus au cours de ce travail confirment le remarquable potentiel de croissance de *H. longifilis*. Les moyens matériels et humains disponibles au CRO et à la station de Layo ont permis la réalisation d'un assez grand nombre d'expériences, portant sur des quantités souvent importantes de poissons avec répétition des traitements. Il en résulte, pour la plupart des expériences, des résultats dont la signification paraît assez claire. Il faut cependant souligner que ces résultats peuvent dépendre des conditions initiales, et en particulier de l'histoire des poissons utilisés, et des conditions de réalisation des expériences. Les interactions pouvant exister entre les variables d'environnement et d'alimentation n'ont pas été approfondies dans le cadre de ce travail, nous savons cependant que ces variables ne sont pas indépendantes. Si la nature ou le sens des relations observées sont peu susceptibles d'être remis en cause, leur intensité peut très certainement varier selon les conditions méthodologiques et environnementales. Cet aspect devra aussi être pris en compte pour l'interprétation des comparaisons interspécifiques évoquées plus haut au sein des siluriformes.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Akand A.M., M.I. Miah, M.M. Haque, 1989. Effect of dietary protein level on growth, feed conversion and body composition of shingi (*Heteropneustes fossilis* Bloch). *Aquaculture*, 77, 175-180.
- Albaret J.J., 1991. Les poissons: biologie et peuplements. In: Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. 2 - Les milieux saumâtres: l'exemple de la lagune Ebrié, P. Dufour, J.R. Durand, S.G. Zabi, eds., ORSTOM Ed. (sous presse).
- Albaret J.J., M. Legendre, 1983. Les espèces colonisatrices des étangs d'une station de pisciculture lagunaire en Côte d'Ivoire. Description et incidence sur l'élevage. *Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr.* Abidjan, 14, 57-67.
- Alliot E., 1982. Aspects nutritionnels chez le loup, *Dicentrarchus labrax*, en milieu contrôlé. Influences des régimes alimentaires et des facteurs de l'environnement sur le bilan azoté. Thèse d'Etat, Université d'Aix-Marseille II, 182 p. + annexes.
- Alliot E., A. Pastoureaud, 1984. Les besoins alimentaires et leur couverture chez le bar et la daurade. In: L'aquaculture du bar et des sparidés, G. Barnabé et R. Billard eds., INRA, Paris, 337-349.
- Andrews J.W., 1979. Some effects of feeding rate on growth, feed conversion and nutrient absorption on channel catfish. *Aquaculture*, 16, 243-246.
- Andrews J.W., J.W. Page, 1975. The effects of frequency of feeding on culture of catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 2, 317-321.
- AOAC, 1975. Official methods of analysis. Association of official analytical chemists, Washington DC, 1094 p.
- Barrows F.T., J.L. Sell, J.G. Nickum, 1988. Effects of dietary protein and energy levels on weight gains, body composition, and RNA:DNA ratios of fingerling Walleyes. *Prog. Fish-Cult.*, 50, 211-218.
- Beamish F.W.H., T.E. Medland, 1986. Protein sparing effects in large rainbow trout, *Salmo gairdneri*. *Aquaculture*, 55, 35-42.
- Bergot F., 1979. Problèmes particuliers posés par l'utilisation des glucides chez la truite arc-en-ciel. *Ann. Nutr. Alim.*, 33, 247-257.
- Bergot F., J. Brèque, 1983. Digestibility of starch by trout: effects of the physical state of starch and of the intake level. *Aquaculture*, 34, 203-212.
- Bergot P., 1986. Elevage larvaire de la carpe commune (*Cyprinus carpio* L.): alimentation artificielle. In: Aquaculture of cyprinids, R. Billard et J. Marcel eds., INRA, Paris, 227-234.

- Bergot P., N. Charlon, H. Durante, 1986. The effect of compound diets feeding on growth and survival of coregonid larvae. *Arch. Hydrobiol. Beich.*, 22, 265-272.
- Bonou C., 1990. Etude de la productivité planctonique dans des étangs d'aquaculture en milieu saumâtre tropical. Identification et essais d'élevage. Thèse INP Toulouse, 232 p.
- Brett J.R., 1979. Environmental factors and growth. In: Fish Physiology, Vol. VIII Bioenergetics and growth, W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett eds., Academic Press, New York, 599-675.
- Bruton M.N., 1979. The food and feeding behaviour of *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae) in Lake Sibaya, South Africa, with emphasis on its role as a predator of ciclids. *Trans. zool. Soc. Lond.*, 35, 47-114.
- Carlos M.H., 1988. Growth and survival of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fry fed at different intake levels and feeding frequencies. *Aquaculture*, 68, 267-276.
- Castell J.D., 1979. Review of lipid requirements of finfish. In: Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg 20-23 June 1978, Vol. I, J.E. Halver and K. Tiews eds., Berlin, 59-84.
- Castell J.D., K. Tiews, 1980. Rapport du groupe de travail de la CECPI, de l'UISN et du CIEM sur la normalisation de la méthodologie dans la recherche sur la nutrition des poissons. *Doc. Tech. CECPI*, 36, 24 p.
- Charlon N., H. Durante, A.M. Escaffre, P. Bergot, 1986. Alimentation artificielle des larves de carpe (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 54, 83-88.
- Charlon N., P. Bergot, 1984. Rearing system for feeding fish larvae on dry diets. Trial with carp (*Cyprinus carpio* L.) larvae. *Aquaculture*, 41, 1-9.
- Cho C.Y., C.W. Cowey, T. Watanabe, 1985. Finfish nutrition in Asia: methodological approaches to research and development. Ottawa, Ont., IDRC, 154 p.
- Cho C.Y., S.J. Kaushik, 1985. Effects of protein intake on metabolizable and net energy values of fish diets. In: Nutrition and feeding in fish, C.B. Cowey, A.M. Mackie and J.G. Bell eds., Academic Press, London, 95-117.
- Chua T.E., S.K. Teng, 1978. Effects of feeding frequency on the growth of young estuary grouper, *Epinephelus tauvina* (Forsk.) cultured in floating net-cages. *Aquaculture*, 14, 31-47.
- Chuapoehek W., 1987. Protein requirements of walking catfish, *Clarias batrachus* (Linnaeus), fry. *Aquaculture*, 63, 215-219.
- Cole B.A., C.E. Boyd, 1986. Feeding rate, water quality, and channel catfish production in ponds. *Prog. Fish-Cult.*, 48, 25-29.
- Cowey C.B., 1979. Protein and amino acid requirements of finfish. In: Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg 20-23 June 1978, Vol. I, J.E. Halver and K. Tiews eds., Berlin, 3-16.
- Cowey C.B., J.R. Sargent, 1979. Nutrition. In: Fish physiology, Vol VIII Bioenergetics and growth, W. S. Hoar, D. J. Randall and J. R. Brett eds., Academic Press, New York, 1-69.

- Cowey C.B., P. Luquet, 1983. Physiological basis of protein requirements of fishes. Critical analysis of allowances. In: IVth Int. Symp. Protein metabolism and nutrition, Clermont-Ferrand 5-9 Sept. 1983, M. Arnal, R. Pion and D. Bonin eds., INRA, Paris, 365-384.
- Dabrowski K., 1977. Protein requirements of grass carp fry (*Ctenopharyngodon idella* Val.). *Aquaculture*, 12, 63-73.
- Dabrowski K., 1980. Besoins alimentaires des poissons avec référence particulière à la carpe commune-Addendum. In: La Pisciculture en Etang, R. Billard ed., INRA Publ., Paris, 237-251.
- Dabrowski K., 1984. The feeding of fish larvae: present state of the art and perspective. *Reprod. Nutr. Dévelop.*, 24, 807-833.
- Dabrowski K., F. Takashima, C. Strüssmann, T. Yamazaki, 1986. Rearing of coregonid larvae with live and artificial diets. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, 52, 23-30.
- Dabrowski K., M. Rusiecki, 1983. Content of total and free amino acids in zooplanktonic food of fish larvae. *Aquaculture*, 30, 31-42.
- Daget J., A. Iltis, 1965. Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et saumâtres). *Mémoires de l'Institut Français d'Afrique Noire*, 74, 1-385.
- Daget J., J.R. Durand, 1981. Poissons. In: Flore et faune aquatiques de l'Afrique sahélo-soudanienne, Tome II, J.R. Durand et C. Lévêque eds., ORSTOM, Paris, *Collections Initiations-Documentations Techniques*, 45, 687-771.
- Dagnelie P., 1986. Théorie et méthodes statistiques. Applications agronomiques, Tome II. Les presses agronomiques de Gembloux, Gembloux, 463 p.
- Daniels W., E.H. Robinson, 1986. Protein and energy requirements of juvenile red drum (*Sciaenops ocellatus*). *Aquaculture*, 53, 243-252.
- Davis K.B., M.A. Suttle, N.C. Parker, 1984. Biotic and abiotic influences on corticosteroid hormone rhythms in channel catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 113, 414-421.
- De Silva S.S., R.M. Gunasekera, K.F. Shim, 1991. Interactions of varying dietary protein and lipid levels in young red tilapia: evidence of protein sparing. *Aquaculture*, 95, 305-318.
- Degani G., Y. Ben-Zvi, D. Levanon, 1989. The effect of different protein levels and temperatures on feed utilization, growth and body composition of *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture*, 76, 293-301.
- Dhamrongrat S., P. Kasesunchai, 1981. Feeds for catfish (*Clarias batrachus* Linn.) fry. DoF-UNDP/FAO THA/75/012, 10 p.
- Dia A.K., 1982. Etude de la croissance des juvéniles de *Chrysichthys walkeri* (Gunther) en étang en fonction de la densité. *Aquaculture*, 27, 187-195.
- Dia A.K., S. Hem, M. Legendre, 1985. Les recherches en aquaculture lagunaire en Côte d'Ivoire. Centre de Recherches Océanographiques, Abidjan, 52 p.
- Drouin M.A., R.B. Kidd, J.D. Hynes, 1986. Intensive culture of Lake whitefish (*Coregonus clupeaformis* Mitchill) using *Artemia* and artificial feed. *Aquaculture*, 59, 107-118.

- Dufour P., J.R. Durand, S.G. Zabi (eds.), 1991. Environnement et ressources aquatiques de Côte-d'Ivoire. 2 - Les milieux saumâtres: l'exemple de la lagune Ebrié. ORSTOM Ed. (sous presse).
- Dupree H.K., E.J. Gauglitz Jr, A.S. Hall, C.R. Houle, 1979. Effects of dietary lipids on the growth and acceptability (flavor) of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). In: Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg 20-23 June 1978, Vol. II, J.E. Halver and K. Tiews eds., Berlin, 87-103.
- Durand J.R., M. Skubich, 1982. Les lagunes ivoiriennes. *Aquaculture*, 27, 211-250.
- EIFAC, 1971. Salmon and trout feeds and feeding. EIFAC Tech. Pap., 12, 29 p.
- Ejike C., C.B. Schreck, 1980. Stress and social hierarchy rank in coho salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 109, 423-426.
- Fagerlund U.H.M., J.R. McBride, E.T. Stone, 1981. Stress-related effects of hatchery rearing density on coho salmon. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 110 : 644-649.
- FAO, 1991. Aquaculture production (1986-1989). Statistical tables. FIDI/C 815 (Rev. 3), 141 p.
- Fenderson O.C., M.R. Carpenter, 1971. Effects of crowding on the behaviour of juvenile hatchery and wild landlocked Atlantic salmon (*Salmon salar* L.). *Anim. Behav.*, 19, 439-447.
- Frank S., 1974. The spotted squeater *Synodontis nebulosus*, the butter catfish *Schilbe mystus*, the vundu *Heterobranchius longifilis* and the electric catfish *Malapterurus electricus*. In: Lake Kariba: a man-made tropical ecosystem in Central Africa, E.K. Balon, A.G. Coche eds., Monographiae Biologicae, vol. 24, 325-332.
- Galbreath P.F., A.D. Ziehi, 1988. Pratique de l'élevage monosex de *Tilapia nilotica* en milieu rural en Côte d'Ivoire. Projet de Développement de la pisciculture en milieu rural. PNUD/FAO/MINEFOR/IVC/87/OO1, 12p
- Garling D.L., R.P. Wilson, 1976. Optimum dietary protein to energy ratio for channel catfish fingerlings, *Ictalurus punctatus*. *J. Nutr.*, 106, 1368-1375.
- Goudie C.A., K.B. Davis, B.A. Simco, 1983. Influence of the eyes and pineal gland on locomotor activity patterns of channel catfish *Ictalurus punctatus*. *Physiolog. Zool.*, 56, 10-17.
- Grabner M., W. Wieser, R. Lackner, 1981. The suitability of frozen and freeze-dried zooplankton as food for fish larvae : a biochemical test program. *Aquaculture*, 26, 85-94.
- Grayton B.D., F.W.H. Beamish, 1977. Effects of feeding frequency on food intake, growth and body composition of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 11, 159-172.
- Greenland D.C., R.L. Gill, 1979. Multiple daily feedings with automatic feeders improve growth and feed conversion rates of channel catfish. *Prog. Fish-Cult.*, 41, 151-153.
- Guerrin F., 1988. Valorisation du zooplancton produit en étangs de lagunage comme base pour l'alimentation de larves et juvéniles de Cyprinidés. *Bull. Fr. Pêche Piscic.*, 311, 113-125.
- Hecht T., 1981. Rearing of sharptooth catfish larvae (*Clarias gariepinus* Burchell, 1822: Clariidae) under controlled conditions. *Aquaculture*, 24, 301-308.
- Hem S., 1982. L'aquaculture en enclos: adaptation au milieu lagunaire ivoirien. *Aquaculture*, 27, 261-272.

- Hem S., F-X. Bard, Z. Otémé, Y. Moreau, 1987. Recherches sur l'aquaculture du mâchoiron. *In*: Recherches en aquaculture sur les principales espèces de poissons lagunaires en Côte d'Ivoire, Années 1984-1985-1986. Rapport final, Contrat TSD-A-082 CEE-ORSTOM/CRO, Centre de Recherches Océanographiques, Abidjan, 11-39.
- Hem S., M. Legendre, L. Trebaol, A. Cissé, Z. Otémé, Y. Moreau, 1991. L'aquaculture. *In*: Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. 2 - Les milieux saumâtres: l'exemple de la lagune Ebrié, P. Dufour, J.R. Durand et S.G. Zabi eds., *sous presse*.
- Henken A.M., M.A.M. Machiels, W. Dekker, H. Hogendoorn, 1986. The effect of dietary protein and energy content on growth rate and feed utilization of the African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture*, 58, 55-74.
- Hogendoorn H., 1980. Controlled propagation of the African catfish, *Clarias lazera* (C.&V.) III. Feeding and growth of fry. *Aquaculture*, 21, 233-241.
- Hogendoorn H., 1981. Controlled propagation of the African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.). IV. Effect of feeding regime in fingerling culture. *Aquaculture*, 24, 123-131.
- Hogendoorn H., 1983. The African catfish, (*Clarias lazera* C. & V., 1840) - A new species for aquaculture. Dissertation, Agriculture University, Wageningen The Netherlands, 135 p.
- Hogendoorn H., J.A.J. Jansen, W.J. Koops, M.A.M. Machiels, P.H. van Ewijk, J.P. van Hees, 1983. Growth and production of the African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.). II: Effects of body weight, temperature and feeding level in intensive tank culture. *Aquaculture*, 34, 265-285.
- Huisman E.A., J.G.P. Klein Breteler, M.M. Vismans, E. Kanis, 1979. Retention of energy, protein, fat and ash in growing carp (*Cyprinus carpio* L.) under different feeding and temperature regimes. *In*: Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg 20-23 June 1978, Vol. I, J.E. Halver and K. Tiews eds., Berlin, 175-188.
- Jauncey K., 1982. The effects of varying dietary protein level on the growth, food conversion, protein utilization and body composition of juvenile tilapias (*Sarotherodon mossambicus*). *Aquaculture*, 27, 43-54.
- Jauncey K., B. Ross, 1982. A guide to tilapia feeds and feeding. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland, 111 p.
- Jobling M., 1985. Physiological and social constraints on growth of fish with special reference to Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *Aquaculture*, 44, 83-90.
- Jobling M., A. Wandsvik, 1983a. Quantitative protein requirements of Arctic Charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *J. Fish Biol.*, 22, 705-712.
- Jobling M., A. Wandsvik, 1983b. Effect of social interactions on growth rates and conversion efficiency of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *J. Fish Biol.*, 22, 577-584.
- Kanazawa A., 1985. Essential fatty acid and lipid requirement of fish. *In*: Nutrition and feeding in fish, C.B. Cowey, A.M. Mackie and J.G. Bell eds., Academic Press, London, 281-298.
- Kanazawa A., S-I. Teshima, M. Sakamoto, M.A. Awal, 1980. Requirements of *Tilapia zillii* for essential fatty acids. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 46, 1353-1356.

- Kanazawa A., Teshima S-I., K. Ono., 1979. Relationship between essential fatty acid requirements of aquatic animals and the capacity for bioconversion of linolenic acid to highly unsaturated fatty acids. *Comp. Biochem. Physiol.*, 63B, 295-298.
- Kaushik S.J., 1990. Importance des lipides dans l'alimentation des poissons. *Aqua revue*, 29, 9-16.
- Kentouri M., 1981. Données préliminaires sur les facultés d'adaptation à un aliment inerte (zooplancton congelé) des post-larves de 11 espèces de poissons et crustacé marins. *Aquaculture*, 23, 73-82.
- Kjartansson H., S. Fivelstad, J.M. Thomassen, M.J. Smith, 1988. Effects of different stocking densities on physiological parameters and growth of adult Atlantic salmon (*Salmo salar* L.) reared in circular tanks. *Aquaculture*, 73, 261-274.
- Knights B., 1987. Agonistic behaviour and growth in the European eel, *Anguilla anguilla* L., in relation to warm-water aquaculture. *J. Fish Biol.*, 31, 265-276.
- Knud-Hansen C.F., T.R. Batterson, C.D. McNabb, Y. Hadiroseyani, D. Dana, H. Muhammed Eidman, 1990. Hatchery techniques for egg and fry production of *Clarias batrachus* (Linnaeus). *Aquaculture*, 89, 9-19.
- Koven W.M., G. Wm. Kissil, A. Tandler, 1989. Lipid and n-3 requirement of *Sparus aurata* larvae during starvation and feeding. *Aquaculture*, 79, 185-191.
- Lambert P., 1990. Mise au point d'un système d'aquariums d'expérimentation à la station de Layo. Centre de Recherches Océanographiques, Abidjan, NDR 05/90, 12 p.
- Leatherland J.F., B.A. McKeown, T.M. John, 1974. Circadian rhythm of plasma prolactin, growth hormone, glucose and free fatty acid in juvenile kokanee salmon, *Oncorhynchus nerka*. *Comp. Biochem. Physiol.*, 47a, 821-828.
- Lee D.J., G.B. Putnam, 1973. The response of rainbow trout to varying protein/energy ratios in atest diet. *J. Nutr.*, 103, 916-922.
- Legendre M., 1983. Examen préliminaire des potentialités d'un silure africain *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840) pour l'aquaculture en milieu lagunaire. *Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr.* Abidjan, 14, 97-107.
- Legendre M., 1986a. Seasonal changes in sexual maturity and fecundity, and HCG-induced breeding of the catfish, *Heterobranchus longifilis* Val. (Clariidae), reared in Ebrié Lagoon (Ivory Coast). *Aquaculture*, 55, 201-213.
- Legendre M., 1986b. Influence de la densité, l'élevage monosexé et de l'alimentation sur la croissance de *Tilapia guineensis* et de *Sarotherodon melanotheron* élevés en cage-enclos en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. trop.*, 19, 19-29.
- Legendre M., 1987. Recherches sur *Heterobranchus longifilis*. In: Recherches en aquaculture sur les principales espèces de poissons lagunaires en Côte d'Ivoire, Années 1984-1985-1986. Rapport final, Contrat TSD-A-082 CEE-ORSTOM/CRO, Centre de Recherches Océanographiques, Abidjan, 71-90.
- Legendre M., 1989. Enquête préliminaire sur la consommation du silure *Heterobranchus longifilis* en Côte d'Ivoire. *Arch. Sci. Centre Rech. Océanogr.* Abidjan, 12, 1-12.

- Legendre M., 1991. Potentialités aquacoles des Cichlidae (*Sarotherodon melanotheron*, *Tilapia guineensis*) et Clariidae (*Heterobranchus longifilis*) autochtones des lagunes ivoiriennes. Thèse de doctorat. Université de Montpellier II, 83 p. + annexes.
- Legendre M., G.G. Teugels, C. Cauty, B. Jalabert, 1992. A comparative study on morphology, growth rate and reproduction of *Clarias gariepinus*, *Heterobranchus longifilis* and their reciprocal hybrids (Pisces, Clariidae). *J. Fish Biol.*, 40, 59-79.
- Legendre M., G.G. Teugels, 1991. Développement et tolérance à la température des oeufs de *Heterobranchus longifilis*, et comparaison des développements larvaires de *H. longifilis* et de *Clarias gariepinus* (Teleostei, Clariidae). *Aquatic living Resour.*, 4, 227-240.
- Legendre M., J. Slembrouck, N. Kerdchuen, Z. Otémé, 1991. Evaluation d'une méthode extensive d'alevinage des Clariidae en cages implantées en étangs. Document ORSTOM Montpellier, N°4, 35 p. + annexes.
- Legendre M., J.J. Albaret, 1984. Protocole d'identification des espèces autochtones présentant un intérêt potentiel pour l'aquaculture en milieu lagunaire. Centre de Recherches Océanographiques, Abidjan, NDR 07/84, 4 p.
- Lévêque C., D. Paugy, 1984. Guide des poissons d'eau douce de la zone du programme de lutte contre l'onchocercose en Afrique de l'Ouest. Convention ORSTOM-OMS, ORSTOM, Paris, 393 p.
- Lim C., S. Sukhawongs, F.P. Pascual, 1979. A preliminary study on the protein requirements of *Chanos chanos* (Forsk.) fry in a controlled environment. *Aquaculture*, 17, 195-201.
- Limsuwan T., R.T. Lovell, 1981. Intestinal synthesis and absorption of vitamin B-12 in channel catfish. *J. Nutr.*, 111, 2125-2132.
- Lovell R.T., T. Limsuwan, 1982. Intestinal synthesis and dietary nonessentiality of vitamin B-12 for *Tilapia nilotica*. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 111, 485-490.
- Lovell T., 1979. Factors affecting voluntary food consumption by channel catfish. In: Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg 20-23 June 1978, Vol. I, J.E. Halver and K. Tiews eds., Berlin, 555-564.
- Luquet P., 1971. Efficacité des protéines en relation avec leur taux d'incorporation dans l'alimentation de la truite arc-en-ciel. *Ann. Hydrobiol.*, 2, 175-186.
- Luquet P., 1989. Practical considerations on the protein nutrition and feeding of tilapia. *Aquat. living resour.*, 2, 99-104.
- Luquet P., 1990. Alimentation des tilapias. In: l'aquaculture des tilapias du développement à la recherche, J. Lazard, B. Jalabert, T. Doudet eds., CIRAD, Nogent-sur-Marne, *Cahiers Scientifiques*, 10, 29-38.
- Luquet P., F. Bergot, 1976. Evaluation de divers traitements technologiques des céréales. VII- Utilisation de maïs pressé, floconné expansé et extrudé dans l'alimentation de la truite arc-en-ciel. *Ann. Zootech.*, 25, 63-69.
- Luquet P., G.L. Rumsey, 1979. Formulation et technologie des aliments secs pour poissons. In: Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg 20-23 June 1978, Vol. II, J.E. Halver and K. Tiews eds., Berlin, 21-35.

- Luquet P., P. Renou, S.J. Kaushik, 1981. Influence du nombre de repas journaliers et du jeûne hebdomadaire sur la croissance chez la truite arc-en-ciel. *Ann. Zootech.*, 30, 411-424.
- Luquet P., S.J. Kaushik, 1981. Besoins en protéines et en acides aminés. In: La Nutrition des Poissons, Actes du Colloque CNERNA, Paris mai 1979, M. Fontaine ed., CNRS, Paris, 171-184.
- Luquet P., Y. Moreau, 1989. Energy-protein management by some warmwater finfishes. In: Advances in tropical Aquaculture, Tahiti Feb. 20 - March 4 1989, Actes du Colloque n° 9, AQUACOP, IFREMER, 751-755.
- Machiels M.A.M., A.M. Henken, 1985. Growth rate, feed utilization and energy metabolism of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), as affected by dietary protein and energy content. *Aquaculture*, 44, 271-284.
- Magnet C., Y.S. Kouassi, 1978. Essais d'élevage de poissons en cages flottantes dans les lagunes Ebrié et Aghien. Centre Technique Forestier Tropical, Paris, 49 p.
- Magnet C., Y.S. Kouassi, 1979. Essais d'élevage de poissons dans les lagunes Ebrié et Aghien. Reproduction en bacs cimentés, élevages en cages flottantes. Centre Technique Forestier Tropical, Paris, 70 p.
- Marian M.P., A.G. Ponniah, R. Pitchairaj, M. Narayanan, 1982. Effect of feeding frequency on surfacing activity and growth in the air-breathing fish, *Heteropneustes fossilis*. *Aquaculture*, 26, 237-244.
- Mazid M.A., Y. Tanaka, T. Katayama, M.A. Rahman, K.L. Simpson, C.O. Chichester, 1979. Growth response of *Tilapia zilli* fingerlings fed isocaloric diets with variable protein levels. *Aquaculture*, 18, 115-122.
- Medgyesy N., W. Wieser, 1982. Rearing whitefish (*Coregonus lavaretus*) with frozen zooplankton by means of a new feeding apparatus. *Aquaculture*, 28, 327-337.
- Meier A.H., 1984. Temporal synergism of circadian neuroendocrine oscillations regulates seasonal conditions in the gulf killfish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 113, 422-431.
- Merola N., J.H. De Souza, 1988. Preliminary studies on the culture of the pacu, *Colossoma mitrei*, in floating cages: effect of stocking density and feeding rate on growth performance. *Aquaculture*, 68, 243-248.
- Meske Ch., E. Pfeffer, 1979. Influence of source and level of dietary protein on body composition of carp. In: Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg 20-23 June 1978, Vol. II, J.E. Halver and K. Tiews eds., Berlin, 393- 400.
- Micha J.C., 1973. Etude des populations piscicoles de l'Ubanguï et tentatives de sélection et d'adaptation de quelques espèces à l'étang de pisciculture. Centre Technique Forestier Tropical, Paris, 110 p.
- Miller J.W., 1979. A preliminary study of feeding pelleted versus non-pelleted feeds to *Tilapia nilotica* in ponds. In: Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg 20-23 June 1978, Vol. II, J.E. Halver and K. Tiews eds., Berlin, 371-377.
- Millikin M.R., 1982. Effects of dietary protein concentration on growth, feed efficiency, and body composition of Age-0 striped bass. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 111, 373-378.

- Moore B.J., S.S.O. Hung, J.F. Medrano, 1988. Protein requirement of hatchery-produced juvenile white sturgeon (*Acipenser transmontanus*). *Aquaculture*, 71, 235-245.
- Murai T., T. Akiyama, T. Takeuchi, T. Watanabe, T. Nose, 1985. Effects of dietary protein and lipid levels on performance and carcass composition of fingerling carp. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, 51, 605-608.
- Noeske T.A., D.A. Erickson, R.E. Spieler, 1981. The time-of-day goldfish receive a single daily meal affects growth. *J. World Maricul. Soc.*, 12, 73-77.
- Noeske T.A., R.E. Spieler, 1983. Photoperiod and diel variations of serum cortisol, thyroxine, and protein in goldfish, *Carassius auratus* L. *J. Fish Biol.*, 23, 705-710.
- Noeske T.A., R.E. Spieler, 1984. Circadian feeding time affects growth of fish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 113, 540-544.
- Noeske-Hallin T.A., R.E. Spieler, M. A. Suttle, 1985. Feeding time differentially affects fattening and growth of channel catfish. *J. Nutr.*, 115, 1228-1232.
- NRC, 1983. Nutrient requirements of warmwater fishes and shellfishes. National Academy Press, Washington DC, 102 p.
- Oka A., N. Suzuki, T. Watanabe, 1982. Effect of fatty acids in Moina on the fatty acid composition of larval Ayu *Plecoglossus altivelis*. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 48, 1159-1162.
- Page J.W., J.W. Andrews, 1973. Interactions of dietary levels of protein and energy on channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. nutr.*, 103, 1339-1346.
- Pickering A.D., A. Stewart, 1984. Acclimation of the interrenal tissue of the brown trout, *Salmo trutta* L., to chronic crowding stress. *J. Fish Biol.*, 24, 731-740.
- Piepper A., E. Pfeffer, 1979. Carbohydrates as possible sources of dietary energy for rainbow trout (*Salmo gairdneri*, Richardson). In: Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg 20-23 June 1978, Vol. I, J.E. Halver and K. Tiews eds., Berlin, 209-219.
- Pionetti J.M. J. Quessada, H. Spielmann, F. Auscher, O. Batique, 1986. Efficience des chaînes trophiques produites en milieu naturel sur la croissance de larves de loup *Dicentrarchus labrax*: Influence des acides gras polyinsaturés. *Océanis*, 12, 261-272.
- Pionetti J.M., S. Carrière, J. Quessada, 1986. Evolution des réserves énergétiques lors de l'entrée dans la vie trophique de poissons marins. *Océanis*, 12, 251-260.
- Rahn C.H., D.M. Sand, H. Schlenk, 1977. Metabolism of oleic, linoleic and linoleic acids in gourami (*Trichogaster cosby*) fry and mature females. *Comp. Biochem Physiol.*, 58B, 17-20.
- Reinitz G., 1983a. Influence of diet and feeding rate on the performance and production cost of rainbow trout. *Trans. Am. Fish. Soc.*, 112, 830-833.
- Reinitz G., 1983b. Relative effect of age, diet, and feeding rate on the body composition of young rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Aquaculture*, 35, 19-27.
- Reinitz G., F. Hitzel, 1980. Formulation of practical diets for rainbow trout based on desired performance and body composition. *Aquaculture*, 19, 243-252.

- Reinitz G., L.E. Orme, C.A. Lemm, F.N. Hitzel, 1978. Influence of varying lipid concentration with two protein concentrations in diets for rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Trans. Am. Fish. Soc.*, 107, 751-754.
- Robinson E.H., R.T. Lovell (eds.), 1984. nutrition and feeding of channel catfish (Revised). A Report from the Nutrition Subcommittee Southern Regional Cooperative Research Project S-168. Southern Cooperative Series Bulletin, 296, 57 p.
- Sabaut J.J., P. Luquet, 1973. Nutritional requirements of the gilhead bream *Chrysophrys aurata*. Quantitative protein requirements. *Marine Biology*, 18, 50-54.
- Sampath K., 1984. Preliminary report on the effects of feeding frequency in *Channa striatus*. *Aquaculture*, 40, 301-306.
- Santiago C.B., O.S. Reyes, 1991. Optimum dietary protein level for growth of bighead carp (*Aristichthys nobilis*) fry in a static water system. *Aquaculture*, 93, 155-165.
- Satoh S., W.E. Poe, R.P. Wilson, 1989. Studies on the essential fatty acid requirement of channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *Aquaculture*, 79, 121-128.
- Scherrer B., 1984. Biostatistique. Gaëtan morin éditeur, Québec, 850 p.
- Seymour E.A., 1984. High stocking rates and moving water solve the grading problem. *Fish Farmer*, 7, 12-14.
- Shelbourn J.E., J.R. Brett, S. Shirahata, 1973. Effect of temperature and feeding regime on the specific growth rate of sockeye salmon fry (*Oncorhynchus nerka*), with a consideration of size effect. *J. Fish. Res. Board Can.*, 30, 1191-1194.
- Siddiqui A.Q., M.S. Howlader, A.A. Adam., 1988. Effects of dietary protein levels on growth, feed conversion and protein utilization in fry and young Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 70, 63-73.
- Singh R.P., A.K. Srivastava, 1984. Effect of feeding frequency on the growth, consumption and gross conversion efficiency in the siluroid catfish, *Heteropneustes fossilis* (Bloch). *Bamidgeh*, 36, 80-91.
- Slembrouck J., A. Cissé, N. Kerdchuen, 1991. Etude préliminaire sur l'incorporation de liants dans un aliment composé pour poisson d'élevage en Côte d'Ivoire. *J. Ivoir. Océanol. Limnol.* Abidjan, 1, 17-22.
- Slembrouck J., M. Legendre, 1988. Aspects techniques de la reproduction contrôlée de *Heterobranchus longifilis* (Clariidae). Centre de Recherches Océanographiques, Abidjan, NDR 02/88, 20 p.
- Smith R.R., 1971. A method of measuring digestibility and metabolizable energy of fish feeds. *Prog. Fish-Cult.*, 33, 132-134.
- Soivio A., M. Niemistö, M. Bäckström, 1989. Fatty acid composition of *Coregonus muksun* pallas: changes during incubation, hatching, feeding and starvation. *Aquaculture*, 79, 163-168.
- Spieler R.E., 1979. Diel rhythms of circulating prolactin, cortisol, thyroxine, and triiodothyronine levels in fishes : a review. *Rev. Can. Biol.*, 38, 301-315.

- Stickney R.R., J.W. Andrews, 1971. Combined effects of dietary lipids and environmental temperature on growth, metabolism and body composition of channel catfish (*Ictalurus punctatus*). *J. Nutr.*, 101, 1703-1710.
- Stickney R.R., J.W. Andrews, 1972. Effects of dietary lipids on growth, food conversion, lipid and fatty acid composition of channel catfish. *J. Nutr.*, 102, 249-258.
- Stickney R.R., R.B. McGeachin, 1984. Adjusting feeding level in tank experiments. *Prog. Fish-Cult.*, 46, 20-23.
- Stickney R.R., R.W. Hardy, 1989. Lipid requirements of some warmwater species. *Aquaculture*, 79, 145-156.
- Storebakken T., E. Austreng, 1987. Ration level for salmonids I. Growth, survival, body composition, and feed conversion in Atlantic salmon fry and fingerlings. *Aquaculture*, 60, 189-206.
- Storebakken T., S.S.O. hung, C.C. Calvert, E.M. Plisetskaya, 1991. Nutrient partitioning in rainbow trout at different feeding rates. *Aquaculture*, 96, 191-203.
- Sundararaj B.I., P. Nath, F. Halberg, 1982. Circadian meal timing in relation to lighting schedule optimizes catfish body weight gain. *J. Nutr.*, 112, 1085-1097.
- Tabachek J.L., 1986. Influence of dietary protein and lipid on growth, body composition and utilization efficiencies of Arctic charr, *Salvelinus alpinus* L. *J. Fish Biol.*, 29, 139-151.
- Takeuchi T., S. Satoh, T. Watanabe, 1983. Requirement of *Tilapia nilotica* for essential fatty acids. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, 49, 1127-1134.
- Takeuchi T., T. Watanabe, C. Ogino, 1979. Optimum ratio of dietary energy to protein for carp. *Bull. Japan Soc. Sci. Fish.*, 45, 983-987.
- Teng S.K., T.E. Chua, P.E. Lim, 1978. Preliminary observation on the dietary protein requirement of estuary grouper, *Epinephelus salmoides* Maxwell, cultured in floating net-cages. *Aquaculture*, 15, 257-271.
- Teshima S-I., A. Kanazawa, M. Sakamoto, 1982. Essential fatty acids of *Tilapia nilotica*. *Mem. Fac. Fish. Kagoshima Univ.*, 31, 201-204.
- Teugels G.G., B. Denayer, M. Legendre, 1990. A systematic revision of the African catfish genus *Heterobranchus* Geoffroy-Saint-Hilaire, 1809 (Pisces: Clariidae). *Zool. J. Linn. Soc.*, 98, 237-257.
- Trebaol L., 1991. Biologie et potentialités aquacoles du Carangidae *Trachinotus teraia* (Cuvier & Valenciennes, 1832) en milieu lagunaire ivoirien. ORSTOM, Paris, Collection Etudes et Thèses, 314 p.
- Uys W., T. Hecht, 1985. Evaluation and preparation of an optimal dry feed for the primary nursing of *Clarias gariepinus* larvae (Pisces: Clariidae). *Aquaculture*, 47, 173-183.
- Van der Wind J.J., 1979. Feeds and feeding in fry and fingerling culture. In : Mass rearing of fry and fingerlings of fresh water fishes, E.A. Huisman and H. Hogendoorn eds., EIFAC/FAO Tech. Pap. 35, Suppl. 1, 59-72.
- Verreth J., M. Van Tongeren, 1989. Weaning time in *Clarias gariepinus* (Burchell) larvae. *Aquaculture*, 83, 81-88.

- Villegas C.T., 1990. The effects on growth and survival of feeding water fleas (*Moina macrocopa* Straus) and rotifers (*Brachionus plicatilis*) to milkfish (*Chanos chanos* Forsskal) fry. *Bamidgeh*, 42, 10-17.
- Wallace J.C., A.G. Kolbeinshavn, T.G. Reinsnes, 1988. The effects of stocking density on early growth in Arctic charr, *Salvelinus alpinus* (L.). *Aquaculture*, 73, 101-110.
- Watanabe T., 1982. Lipid nutrition in fish. *Comp. Biochem. Physiol.*, 73B, 3-15.
- Watanabe T., C. Kitajima, S. Fujita, 1983. Nutritional values of live organisms used in Japan for mass propagation of fish : a review. *Aquaculture*, 34, 115-143.
- Watanabe T., I. Kobayashi, O. Utsue, C. Ogino, 1974. Effect of dietary methyl linoleate on fatty acids composition of lipids in rainbow trout. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 40, 387-392.
- Watanabe T., S. Thongrod, T. Takeuchi, S. Satoh, S.S. Kubota, Y. Fujimaki, C.Y. Cho, 1989. Effect of dietary n-6 and n-3 fatty acids on growth, fatty acid composition and histological changes of white fish *Coregonus lavaretus marena*. *Nippon Suisan Gakkaishi*, 55, 1977-1982.
- Watanabe T., T. Takeuchi, Ch. Ogino, 1979. Studies on the sparing effect of lipids on dietary protein in rainbow trout (*Salmo gairdneri*). In: Proc. World Symp. on Finfish Nutrition and Fishfeed Technology, Hamburg 20-23 June 1978, Vol. I, J.E. Halver and K. Tiews eds., Berlin, 113-125.
- Webster C.D., T. Lovell, 1990. Comparaison of live brine shrimp nauplii and non living diets as first food for striped bass larvae. *Prog. Fish-Cult.*, 52, 171-175.
- Wedemeyer G.A., 1976. Physiological response of juvenile coho salmon (*Oncorhynchus kisutch*) and rainbow trout (*Salmo gairdneri*) to handling and crowding stress in intensive fish culture. *J. Fish. Res. Board Can.*, 33, 2699-2702.
- Wee K.L., A.G.J. Tacon, 1982. A preliminary study on the dietary protein requirement of juvenile snakehead. *Bull. Japan. Soc. Sci. Fish.*, 48, 1463-1468.
- Westers H., 1987. Feeding levels for fish fed formulated diets. *Prog. Fish-Cult.*, 49, 87-92.
- Winfrey R.A., R.R. Stickney, 1981. Effects of dietary protein and energy on growth, feed conversion efficiency and body composition of *Tilapia aurea*. *J. Nutr.*, 111, 1001-1012.
- Winfrey R.A., R.R. Stickney, 1984. Formulation and processing of hatchery diets for channel catfish. *Aquaculture*, 41, 311-323.
- Winfrey R.A., R.R. Stickney, 1984. Starters diets for channel catfish: Effects of dietary protein on growth and carcass composition. *Prog. Fish-Cult.*, 46, 79-86.
- Yu T.C., R.O. Sinnhuber, 1975. Effect of dietary linolenic and linoleic acids upon growth and lipid metabolism of rainbow trout (*Salmo gairdneri*). *Lipids*, 10, 63-66.

RÉSUMÉ

Les conditions optimales d'alimentation et les besoins nutritionnels d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei : Clariidae), correspondant aux différents stades de l'élevage ont été étudiés.

Les essais comparatifs de l'alimentation larvaire ont permis d'identifier différents types d'aliments qui pourraient remplacer l'*Artemia* et de préciser les besoins lipidiques des larves et alevins. L'utilisation des proies planctoniques (*Moina*, notamment) ou d'un aliment composé à base de levure et de foie de bœuf comme aliment de départ permet d'obtenir une survie aussi élevée qu'avec l'*Artemia*, mais avec une croissance plus faible au cours des deux premières semaines d'élevage. Une amélioration de la croissance est observée lorsque les poissons reçoivent des aliments composés supplémentés en huile de palme ou avec un mélange d'huiles de palme et de foie de morue. La zone favorable pour la couverture des besoins des larves en acides gras (AG) paraît se situer entre 0,5 et 1,0 % d'AG n-3 dans le régime avec un rapport entre AG n-3 et AG n-6 compris entre 0,2 et 0,5.

Les études réalisées sur les modalités de présentation et de distribution des aliments et sur les besoins nutritionnels des juvéniles en phases de prégrossissement et de grossissement ont permis d'adapter la méthodologie de nourrissage aux exigences particulières de *H. longifilis* et de favoriser l'expression de son potentiel de croissance. Une distribution des aliments sous forme de granulé permet d'obtenir une meilleure croissance et un meilleur

leur indice de consommation que lorsque les mêmes aliments sont distribués sous forme pulvérulente. Une nette amélioration de la croissance et des indices de consommation est également observée lorsque les poissons sont nourris en continu plutôt qu'en repas fractionné. Une distribution durant la nuit conduit aussi à de meilleures performances que lorsque les poissons sont nourris durant le jour. Sur le plan nutritionnel, les besoins en protéines semblent élevés (42 % avec un niveau énergétique de 1,63 MJ/100g d'aliment) et paraissent pouvoir être mis en relation avec le régime alimentaire naturel, omnivore à forte tendance carnassière. En amont d'études expérimentales (digestibilité, notamment), une approche méthodologique sur l'adaptation des poissons à l'élevage en bacs de volume restreint montre que les fortes densités (333 ou 555 individus par m³) permettent de limiter l'expression de l'agressivité et la mortalité qui en résulte.

Dans leur ensemble, les résultats obtenus au cours de ce travail ont permis de fournir de premières bases scientifiques à une méthodologie d'alimentation de *H. longifilis* en élevage intensif et confirment le remarquable potentiel de croissance de cette espèce.

MOTS-CLÉS

Heterobranchus longifilis, Clariidae, alimentation, croissance, besoins nutritionnels, aquaculture, environnement tropical, Afrique.