T D M
TRAVAUX ET DOCUMENTS
MICROFICHÉS

N° 89

F 4

POTENTIALITÉS AQUACOLES DES CICHLIDAE (*SAROTHERODON MELANOTHERON, TILAPIA GUINEENSIS*) ET CLARIIDAE (*HETEROBRANCHUS LONGIFILIS*) AUTOCHTONES DES LAGUNES IVOIRIENNES

Marc LEGENDRE

ORSTOM Editions

ACADEMIE DE MONTPELLIER

UNIVERSITE MONTPELLIER II
— SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC —

THESE

présentée à l'UNIVERSITÉ MONTPELLIER II - SCIENCES ET TECHNIQUES DU LANGUEDOC
pour obtenir le DIPLOME DE DOCTORAT

- SPECIALITE : Physiologie et Biologie
des Organismes et des Populations

- Formation Doctorale : Evolution et Ecologie

POTENTIALITES AQUACOLES DES CICHLIDAE (*Sarotherodon melanotheron*, *Tilapia guineensis*) ET CLARIIDAE (*Heterobranchus longifilis*) AUTOCHTONES DES LAGUNES IVOIRIENNES

par

Marc LEGENDRE

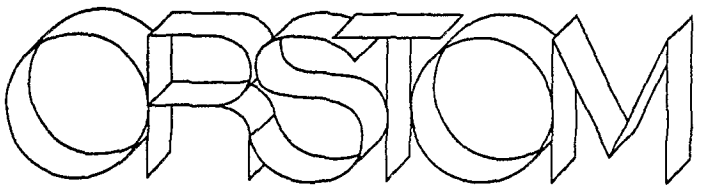
Soutenue le 19 décembre 1991 devant le Jury composé de:

M. G. LASSERRE, Professeur, USTL, Montpellier,	Président
M. M. AMANIEU, Professeur, Université de la Réunion,	Rapporteur
M. J.R. DURAND, Directeur de Recherche, ORSTOM, Paris	Rapporteur
M. B. JALABERT, Directeur de Recherche, INRA, Rennes,	Examinateur
M. J. LAZARD, Chef du Programme Pêche et Aquaculture, CIRAD, Montpellier,	Examinateur

ORSTOM Fonds Documentaire
N° : 35.613 ex 2
Cote : A

15 JUIL. 1992

TDM 89



Editions de l'ORSTOM
L'INSTITUT FRANÇAIS DE RECHERCHE SCIENTIFIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT EN COOPÉRATION

Collection :
Travaux et Documents Microédités

PARIS 1992

ISBN : 2-7099-1104-3

© ORSTOM

F 4

«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» (alinéa1er 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.»

REMERCIEMENTS

Je tiens en premier lieu à exprimer ma reconnaissance à Monsieur le Professeur Amanieu et à Monsieur le Professeur Lasserre qui ont accepté de parrainer ce mémoire et m'ont encouragé à le préparer.

Ma gratitude va tout particulièrement à Monsieur Jean René Durand pour la confiance et le soutien qu'il m'a toujours accordés. Son action déterminante pour l'initiation des recherches en aquaculture à l'ORSTOM est en grande partie à l'origine de ce travail. Je lui sais gré, ainsi qu'à Monsieur le Professeur Amanieu, de m'avoir fait l'honneur d'en être rapporteurs.

Je remercie chaleureusement Messieurs Bernard Jalabert et Jérôme Lazard d'avoir accepté de prendre part à ce jury et d'apporter leur compétence à l'évaluation de cette thèse.

Le Centre de Recherches Océanologiques d'Abidjan a accueilli mes premiers pas dans la recherche. Je remercie son équipe de direction, Messieurs François Xavier Bard et Jean Batiste Amon Kothias, pour la confiance et les conditions de travail favorables dont ils m'ont fait bénéficier. J'ai été très touché par la qualité de l'accueil que l'ensemble du personnel du Centre m'a constamment réservé.

Qu'en plus de toute ma reconnaissance, Saurin Hem, qui m'a ouvert à l'aquaculture tropicale, ainsi que Jean Jacques Albaret et Jean Marc Ecoutin, qui m'ont conduit à la découverte des milieux lagunaires et de leur ichtyofaune, trouvent ici l'expression de ma profonde amitié.

Je dois une gratitude spéciale à Jacques Slembrouck, artisan du bon déroulement de nombreuses expérimentations sur la station de Layo et compagnon de travail de longue date.

Que Christian Lévêque, qui m'a souvent guidé et encouragé, tout au long de ces années soit assuré de la reconnaissance que je lui dois. Je lui suis notamment redevable d'avoir favorisé l'émergence d'une collaboration particulièrement agréable et fructueuse avec Catherine Ozouf-Costaz et Guy Teugels.

Les collègues qui par leur collaboration, leurs conseils ou leurs encouragements m'ont aidé à mener ce travail à son terme sont trop nombreux pour être tous cités, mais je tiens à remercier tout particulièrement : Robert Arfi, Adou Cissé, Abdel Kader Dia, Daniel Guiral, Jacques Lemoalle, Nanthawat Kerdchuen, Yann Moreau, Ziriga Otémé, Marc Pagano, Lucien Saint-Jean et Loïc Trebaol.

Mes remerciements s'adressent également à Kouakou Kouassi et à l'ensemble du personnel technique de la station de Layo.

Enfin, comment ne pas remercier Nathalie, Julie et Flora pour la patience extrême dont elles ont fait preuve à mon égard. Qu'elles reçoivent ici l'expression de ma plus tendre affection.

TABLE DES MATIERES

INTRODUCTION 9

1- PRESENTATION GENERALE 10
- **1.1- L'environnement lagunaire** 11
  - 1.1.1- Les variations saisonnières 11
  - 1.1.2- L'hétérogénéité spatiale 14
- **1.2- Le site d'élevage** 14
- **1.3- L'ichtyofaune de la lagune Ebrié** 18
- **1.4- Les espèces lagunaires d'intérêt piscicole** 20
  - 1.4.1- Etape de présélection 21
  - 1.4.2- Etapes de sélection et de maîtrise de la filière d'élevage 26

2- BIOLOGIE ET STRATEGIE DE LA REPRODUCTION 29
- **2.1- Comportement associés à la reproduction** 30
- **2.2- Structure et dynamique des gonades** 31
- **2.3- La première maturation sexuelle** 33
- **2.4- Les cycles saisonniers** 36
- **2.5- Fécondité** 36
- **2.6- Les réponses adaptatives** 39
- **2.7- Conclusions** 40

3- LE CONTROLE DE LA REPRODUCTION EN CAPTIVITE 41
- **3.1- Gestion des géniteurs de tilapias lagunaires** 43
- **3.2- Reproduction induite de H. longifilis** 44
- **3.3- L'hybridation entre H. longifilis et C. gariepinus** 49
- **3.4- Conclusions** 50

4- BILAN ET PERSPECTIVES DES ELEVAGES 52
- **4-1- Les tilapias lagunaires** 52
- **4.2- Le silure, Heterobranchus longifilis** 54
  - 4.2.1- Alevinage 54
    - 4.2.1.1- Premières tentatives 54
    - 4.2.1.2- Eléments de biologie 55
    - 4.2.1.3- Approches actuelles 57
  - 4.2.2- Prégrossissement - grossissement 60
- **4.3- Conclusions** 64

CONCLUSION GENERALE 66

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES 69

ADDENDUM 81

ANNEXE

Liste des tirés à part présentés dans l'annexe :

1: ALBARET J.J. et LEGENDRE M., 1985. Biologie et écologie des Mugilidae en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Intérêt potentiel pour l'aquaculture lagunaire. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 18 (4) : 281-303.

2: KERDCHUEN N. et LEGENDRE M., 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). *Aquatic living Resour.*, 4 : 241-248.

3: 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.

4: LEGENDRE M., 1986. 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.

5: LEGENDRE M., 1989.- Enquête préliminaire sur la consommation du silure *Heterobranchus longifilis* en Côte dIvoire. *Arch. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 12(1) : 1-12.

6: LEGENDRE M. et ALBARET J.J., 1991. Maximum observed length (MOL) as an indicator of growth rate in tropical fishes. *Aquaculture*, 94, 327-341.

7: LEGENDRE M. et ECOUTIN J.M., 1989. Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. I - Reproduction. *Aquat. Living Resour.*, 2 :.71-79.

8: LEGENDRE M. et ECOUTIN J.M., 1991. Aspects de la stratégie de reproduction de *Sarotherodon melanotheron* : Comparaison entre une population naturelle (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire) et différentes populations d'élevage. *In* : Proceedings of the 3th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 11-16 nov. 1991, Abidjan, Côte d'Ivoire. ICLARM/CRO, (à paraître).

9: LEGENDRE M. et OTEME Z., 1991. Influence du temps de latence après induction hormonale de l'ovulation sur la quantité et la qualité des ovules récoltés chez un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Pisces, Clariidae); (à paraître).

10: LEGENDRE M. et 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.

11: LEGENDRE M. et TREBAOL L., 1991. Efficacité de l'incubation buccale et fréquence de ponte de *Sarotherodon melanotheron* en milieu d'élevage (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). *In* : Proceedings of the 3th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 11-16 nov. 1991, Abidjan, Côte d'Ivoire. ICLARM/CRO, (à paraître).

12: LEGENDRE M., HEM S. et CISSE A., 1989. Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. II - Growth and rearing methods. *Aquat. Living Resour.*, 2 : 81-89.

13: LEGENDRE M., TEUGELS G.G., CAUTY C. et JALABERT B., 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.

14: LEGENDRE M., SLEMBROUCK J., KERDCHUEN N. et Z. OTEME, 1991. Evaluation d'une méthode extensive d'alevinage des Clariidae en cages implantées en étangs. *Document ORSTOM Montpellier*, n°4, 35 p. + annexes.

POTENTIALITES AQUACOLES DES CICHLIDAE (*Sarotherodon melanotheron, Tilapia guineensis*) ET CLARIIDAE (*Heterobranchus longifilis*) AUTOCHTONES DES LAGUNES IVOIRIENNES

Marc LEGENDRE

Avertissement :

Les références bibliographiques suivies d'un astérisque dans le texte, sont présentées en annexe.

INTRODUCTION

Si le potentiel aquacole des espèces originaires des milieux continentaux tempérés peut aujourd'hui être considéré comme relativement bien identifié, c'est loin d'être le cas de celui des espèces tropicales d'origine dulçaquicole, estuarienne ou marine. Divers travaux, visant à identifier les espèces les plus prometteuses pour la pisciculture, ont néanmoins été réalisés pour ces milieux.

En Afrique, le CTFT (Centre Technique Forestier Tropical) et plus particulièrement Micha (1973), par son étude sur l'adaptabilité de quelques espèces des populations piscicoles de l'Oubangui aux étangs de pisciculture, a sans doute été l'un des précurseurs de ce type de démarche. Cette étude avait notamment permis de révéler le remarquable potentiel des clariidés pour la pisciculture africaine en milieu dulçaquicole. En Amérique latine, différentes études ont également été conduites dans ce sens (Chavez Lomeli *et al.*, 1984; Saint-Paul, 1986; Boujard *et al.*, 1988). Toutefois, compte tenu de l'extraordinaire richesse spécifique de ces milieux et plus particulièrement celle du seul bassin amazonien (plus de 2 000 espèces), il fait peu de doute que tous les candidats potentiels à la pisciculture (ni même peut-être les meilleurs) n'ont pas encore été identifiés. Un commentaire analogue peut être formulé pour les espèces marines et les recherches sont activement poursuivies pour identifier les espèces les plus adaptées à la mariculture tropicale, que ce soit pour le démarrage de l'activité aquacole (Aquacop *et al.*, 1989; Thouard *et al.*, 1989) ou pour répondre à un besoin de diversification des produits de l'élevage (Liao et Lei, 1983). Pour ce qui concerne les milieux saumâtres de l'Afrique de l'Ouest, aucune étude approfondie n'avait été réalisée et le potentiel aquacole des espèces qui y sont représentées reste dans une large mesure inconnu.

D'une manière générale, dans les pays ne bénéficiant pas d'une tradition aquacole (Afrique, Amérique latine), deux types de stratégies peuvent être adoptées pour initier la pisciculture: 1) l'introduction d'espèces allochtones dont l'élevage déjà maîtrisé par ailleurs permet de supposer un

démarrage rapide de l'activité et 2) l'utilisation d'espèces locales qui nécessite une phase de recherches préalable.

Malgré les risques écologiques encourus, la première option a souvent été privilégiée. Comme par exemple en Amérique latine, où salmonidés, carpes et tilapias ont initialement été introduits à des fins aquacoles en négligeant le potentiel offert par l'extraordinaire diversité des espèces locales (Saint-Paul, 1986).

Si l'introduction d'espèces allochtones a parfois eu un effet bénéfique (surtout notable dans les pays bénificiant d'une activité aquacole déjà bien assise, en Asie du Sud-Est notamment), divers arguments militent en faveur de l'utilisation d'espèces autochtones : elles sont naturellement adaptées au milieu et sont connues et, pour certaines d'entre elles, appréciées du consommateur.

En Côte-d'Ivoire, l'aquaculture est apparue comme une nouvelle forme possible de valorisation du vaste système lagunaire (près de 1 300 km^2) dont ce pays dispose et comme l'un des moyens de satisfaire un marché fortement demandeur avec la proximité de l'agglomération abidjanaise. Les premières tentatives de pisciculture lagunaire en Côte d'Ivoire remontent au milieu des années 1970, elles ont été menées selon deux voies, l'utilisation d'une espèce allochtone *Oreochromis niloticus* (Magnet et Kouassi, 1978; Campbell, 1985) et celle d'espèces autochtones (Hem, 1982).

S'appuyant sur les connaissances acquises sur les milieux lagunaires (Durand et Skubich, 1982; Dufour *et al.*, 1991) et en particulier sur leur ichtyofaune (Albaret, 1991), le CRO (Centre de Recherches Océanologiques) d'Abidjan a d'emblée pris l'option d'étudier les possibilités de développer une pisciculture d'espèces autochtones élevées dans leur milieu naturel (Dia *et al.*, 1985; Hem *et al.*, 1991).

Le présent travail, qui s'incrit dans le cadre de cette démarche, porte essentiellement sur deux familles de poissons, cichidés et clariidés, qui représentent aujourd'hui 73 % (43 % et 30 % respectivement) de la production piscicole totale des pays de l'Afrique sub-saharienne (FAO, 1991). Les potentialités aquacoles de trois espèces autochtones des lagunes ivoiriennes, jusqu'à présent peu étudiées, deux tilapias (*Sarotherodon melanotheron* et *Tilapia guineensis*) et un silure (*Heterobranchus longifilis*), sont analysées et comparées. Les aspects relatifs à la reproduction et à son contrôle en captivité sont plus particulièrement approfondis.

1- PRESENTATION GENERALE

Ce chapitre présente successivement l'environnement des lagunes ivoiriennes, les caractéristiques du site de la station de pisciculture expérimentale du CRO, l'ichtyofaune lagunaire et les espèces d'intérêt potentiel pour la pisciculture dans les lagunes ivoiriennes.

1.1- L'environnement lagunaire

Le complexe lagunaire ivoirien, le plus grand d'Afrique, s'étend sur une longueur de 300 km et couvre une superficie de 1 270 km^2. Il est composé d'ouest en est de la lagune de Grand-Lahou et des ensembles lagunaires Ebrié et Aby (fig. 1).

Le système Ebrié, qui nous intéresse principalement dans cette étude, est le plus vaste (566 km^2) et s'étire d'est en ouest sur 130 km. C'est un milieu peu profond (4,8 m en moyenne), bien que certaines fosses près d'Abidjan dépassent 20 mètres. Trois fleuves se jettent dans cette lagune; il s'agit du Comoé, un fleuve soudanien d'une longueur de 1 160 km, et de deux fleuves forestiers, l'Agneby (200 km) et la Mé (140 km). La lagune est en relation permanente avec la mer par le canal de Vridi, creusé pour la création du port d'Abidjan en 1950. Cette large ouverture sur le milieu marin a provoqué la fermeture progressive de l'exutoire naturel, le grau de Grand-Bassam. Ce dernier, réouvert artificiellement en 1988, s'est déjà refermé.

Depuis une quinzaine d'années, de nombreux travaux ont été consacrés à l'écosystème lagunaire et à son exploitation par l'homme. Un premier bilan des connaissances acquises a été dressé par Durand et Skubich (1982) et un ouvrage de synthèse est actuellement sous presse (Dufour *et al.*, 1991). Les aspects relatifs à l'environnement climatique ont fait l'objet de deux synthèses par Durand et Chantraine (1982) et par Durand et Guiral (1991). Cet ensemble de travaux a permis de définir les grandes lignes de l'hydroclimat lagunaire qui se caractérise par une extrême variabilité tant au plan spatial que temporel.

La considération de cette variabilité est de première importance lors du choix des espèces destinées à la pisciculture, et pour la définition des sites lagunaires propres à leur élevage.

1.1.1- Les variations saisonnières

Les variations saisonnières de l'hydroclimat lagunaire sont modelées par l'interaction de facteurs climatiques directs (atmosphériques) et indirects (saisonnalités des apports fluviaux et évolutions des masses d'eau océaniques).

Dans la partie méridionale de la Côte-d'Ivoire, **le climat**, de type équatorial de transition (Eldin, 1971), se caractérise par la succession de quatre saisons dues au déplacement de la zone de convergence intertropicale (CIT) :

- la grande saison sèche (début décembre à la mi-mai) comporte en fait deux périodes; les précipitations ne sont vraiment faibles (60 mm/mois en moyenne) que du début décembre à la fin février, à partir de début mars commence une période de transition durant laquelle on note une augmentation des précipitations correspondant à des averses de type orageux;

- la grande saison des pluies (mi-mai à mi-juillet) est marquée par des précipitations abondantes et presque continuelles (1 100 mm en deux mois);

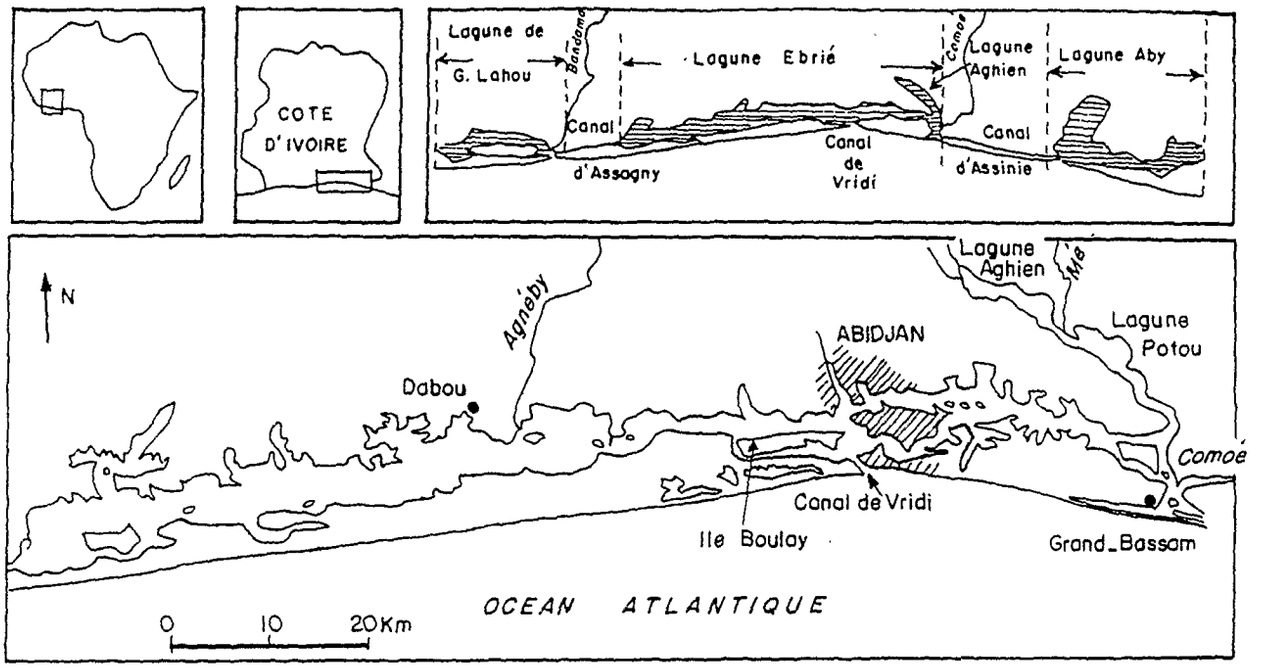


Figure 1 : Le système lagunaire ivoirien. Présentation de la lagune Ebrié.

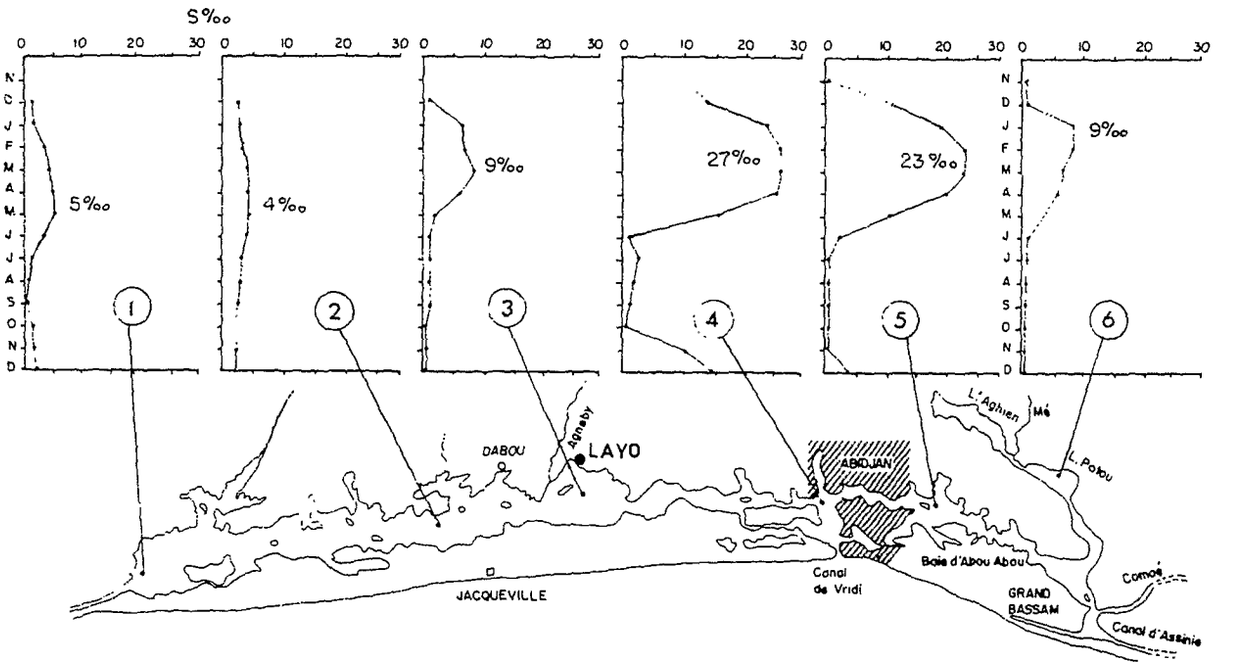


Figure 2 : Variation annuelle de la salinité en six stations du chenal central de la lagune Ebrié en 1975 (D'après Pages *et al.*, 1979). Situation de la station de pisciculture expérimentale de Layo.

- la petite saison sèche (mi-juillet à fin septembre) est caractérisée par de faibles précipitations;

- la petite saison des pluies (octobre et novembre) représente en moyenne 300-400 mm de pluie en deux mois.

Outre l'influence directe des précipitations (environ 2 000 mm sur l'année en région lagunaire), l'hydroclimat des lagunes est très fortement conditionné par les **apports fluviaux**.

Le Comoé, fleuve soudanien de régime tropical de transition, présente une crue annuelle unique principalement conditionnée par les pluies intervenant sur la partie septentrionale de la Côte-d'Ivoire. Cette crue qui intervient généralement entre août et novembre constitue l'apport fluvial le plus important en volume et bouleverse l'hydroclimat des régions de la lagune Ebrié situées à l'est d'Abidjan.

Les fleuves forestiers (Mé et Agneby), de régime équatorial de transition, ont une hydrologie directement liée aux précipitations dans la zone méridionale du pays. Ils se caractérisent par l'existence de deux crues annuelles en juin-juillet et octobre-novembre. Leurs apports sont plus modestes mais restent localement importants.

La variabilité saisonnière des **entrées d'eau océanique** a été décrite par Durand et Guiral (1991). Cette variabilité est surtout sensible pour le secteur estuarien situé autour et à l'est d'Abidjan; elle reste cependant moins importante que celle des apports d'eau douce.

En regard des variations des apports hydriques qui conditionnent celles de la salinité, les variations saisonnières de la température sont relativement peu importantes. La température lagunaire, plus élevée que celle de l'air, est constamment voisine de 29 °C avec un écart de 3 à 4 °C au maximum pour les moyennes mensuelles. Ces variations thermiques sont toutefois suffisantes pour avoir une répercussion sensible sur les cycles biologiques de certains poissons (Hem *et al.*, 1991).

Considérant ce qui précède, Durand et Skubich (1982) proposent un découpage schématique du cycle annuel de **l'hydroclimat lagunaire** en trois saisons :

- saison sèche (de janvier à avril) : les apports d'eau douce (écoulements ou précipitations) sont négligeables, l'évaporation est maximale et l'influence marine prépondérante. Températures et salinités atteignent leur niveau le plus élevé.

- saison des pluies (de mai à août) : époque des plus fortes précipitations puis des apports des rivières forestières, la température et la salinité chutent.

- saison des crues (de septembre à décembre) : l'arrivée des eaux des fleuves drainant le nord de la Côte-d'Ivoire provoque une dessalure importante dans certaines régions lagunaires. S'y ajoutent l'effet des précipitations (petite saison des pluies) et la deuxième crue des fleuves forestiers.

1.1.2- L'hétérogénéité spatiale

L'hétérogénéité spatiale de l'hydroclimat dépend principalement de la situation des débouchés des fleuves en lagune et de la distance à l'ouverture sur la mer. L'arrivée du Comoé, complètement excentrée à l'est de la lagune, induit des différences fondamentales entre les régions de la lagune situées de part et d'autre du canal de Vridi (fig. 1).

La partie comprise entre l'embouchure de la Mé et celle de l'Agneby, soumise à l'influence marine et recevant l'essentiel des apports fluviaux, présente un caractère estuarien avec de fortes variations saisonnières de la salinité. Elle n'est cependant pas homogène. La zone estuarienne proprement dite est celle située autour d'Abidjan et à proximité du canal de Vridi. Les deux zones adjacentes ont chacune leur caractère propre : à l'ouest d'abidjan l'influence du Comoé est très atténuée par rapport à la région située à l'est de la ville qui constitue un prolongement du fleuve pendant les mois de crue.

De part et d'autre de cette zone estuarienne, se trouvent des régions plus stables et plus continentales. La partie occidentale (à l'ouest de l'Agnéby) constitue une vaste zone constamment oligohaline où l'influence marine est très amortie et les apports d'eau douce réduits aux précipitations. Dans la partie orientale, en lagune Aghien (au nord de l'embouchure de la Mé), l'eau est douce, ou presque, tout au long de l'année. En 1989, la salinité y a toutefois atteint 10 $g.l^{-1}$ à la suite de la réouverture artificielle du grau de Grand-Bassam (Albaret et Ecoutin, 1989).

La figure 2, qui représente les variations saisonnières de la salinité de surface pour six stations régulièrement réparties d'ouest en est dans le chenal central de la lagune Ebrié (d'après Pagès *et al.*, 1979), permet d'avoir une image synthétique de l'hétérogénéité spatio-temporelle de l'hydroclimat. Elle ne doit cependant pas faire oublier l'importance de la variabilité interannuelle conditionnée essentiellement par les apports continentaux.

1.2- Le site d'élevage

Toutes les expérimentations considérées dans ce travail ont été réalisées à la station de pisciculture expérimentale de Layo située sur la rive nord de la lagune Ebrié, à 40 km à l'ouest d'abidjan (fig. 2). Créée en 1976 et initialement dotée d'une dizaine d'étangs bordiers, cette station a connu un développement important au début des années 1980 avec l'adjonction de nombreux bassins à terre et de diverses structures d'élevage - enclos (Hem, 1982), cage-enclos (Legendre, 1983a) et acadja-enclos (Hem, 1988) - implantées en lagune, à proximité de la rive, sur fond sablo-vaseux d'une profondeur d'environ 1 m.

Proche de l'embouchure lagunaire de l'Agneby, la station subit directement l'influence de ce fleuve forestier dont le régime se caractérise par un dédoublement de la crue annuelle lié au régime des précipitations. L'hydroclimat de ce site a été décrit en diverses occasions (Albaret et Legendre, 1983; Guiral, 1983; Hem, 1986; Legendre, 1986a, 1986b), mais l'analyse la plus synthétique a

récemment été fournie par Trébaol (1991) pour la période 1982-1987. Nous nous appuierons donc sur ce travail pour illustrer l'amplitude de variation (saisonnière et interannuelle) des principaux paramètres physicochimiques.

- **Salinité** (fig. 3)

Les valeurs journalières extrêmes de la salinité varient entre 0 et 10 $g.l^{-1}$. La salinité mensuelle moyenne est la plus élevée, 5 à 8 $g.l^{-1}$, durant la grande saison sèche (décembre à avril). Elle chute ensuite brutalement avec l'arrivée des premières pluies (mai-juin) pour se maintenir aux alentours de 2 à 3 $g.l^{-1}$ jusqu'en décembre. En fonction de l'importance et de la répartition des précipitations et des crues de l'Agneby, des variations interannuelles notables sont observées (fig. 3). Ces variations sont surtout marquées pour la période correspondant à la petite saison des pluies (octobre-novembre) durant laquelle la salinité mensuelle moyenne reste toutefois toujours inférieure à 5 $g.l^{-1}$.

- **Température** (fig. 4)

Les extrêmes journaliers enregistrés pour la température de la lagune sont de 23,5 et 33,5 °C. Les températures mensuelles moyennes sont les plus élevées (32 °C) en saison sèche (de mars à mai), puis lors d'un second pic en novembre. Les températures moyennes les plus faibles (28 °C environ) sont observées pendant et après la grande saison des pluies (de juillet à septembre) et en décembre-janvier pendant la période d'harmattan (vent sec de secteur nord-est).

- **Transparence** (fig. 5)

La transparence, mesurée par la profondeur de disparition du disque de Secchi, est faible sur le site de Layo. Elle est généralement inférieure à 1 m et peut ne pas excéder 10 cm en saison des pluies. Ceci limite malheureusement les possibilités d'observations du comportement des poissons élevés en lagune.

Les transparences maximales sont le plus souvent observées durant les périodes d'harmattan, en raison de l'absence de clapot qui résulte de la direction de ce vent.

- **Oxygène et pH**

Les valeurs journalières de concentration en oxygène dissous, mesurées à 7 h du matin sur un échantillon prélevé au milieu de la colonne d'eau, sont généralement supérieure à 3 $mg.l^{-1}$. Les valeurs mensuelles moyennes sont comprises entre 4 et 6,5 $mg.l^{-1}$. Une baisse brutale et de courte durée (quelques jours) de la concentration en oxygène dissous, jusqu'à des valeurs pouvant être létales pour la plupart des espèces élevées (à l'exception de *Heterobranchus longifilis* qui dispose d'un organe suprabranchial de respiration aérienne), s'est toutefois produite sur la station à quatre reprises depuis 1985. Ces hypoxies sont consécutives à de fortes pluies et à l'arrivée d'une eau très chargée en matière organique, s'écoulant par un canal drainant les bananeraies voisines de la station (Trebaol *et al.*, 1988).

Le pH est généralement compris entre 6,5 et 7,5.

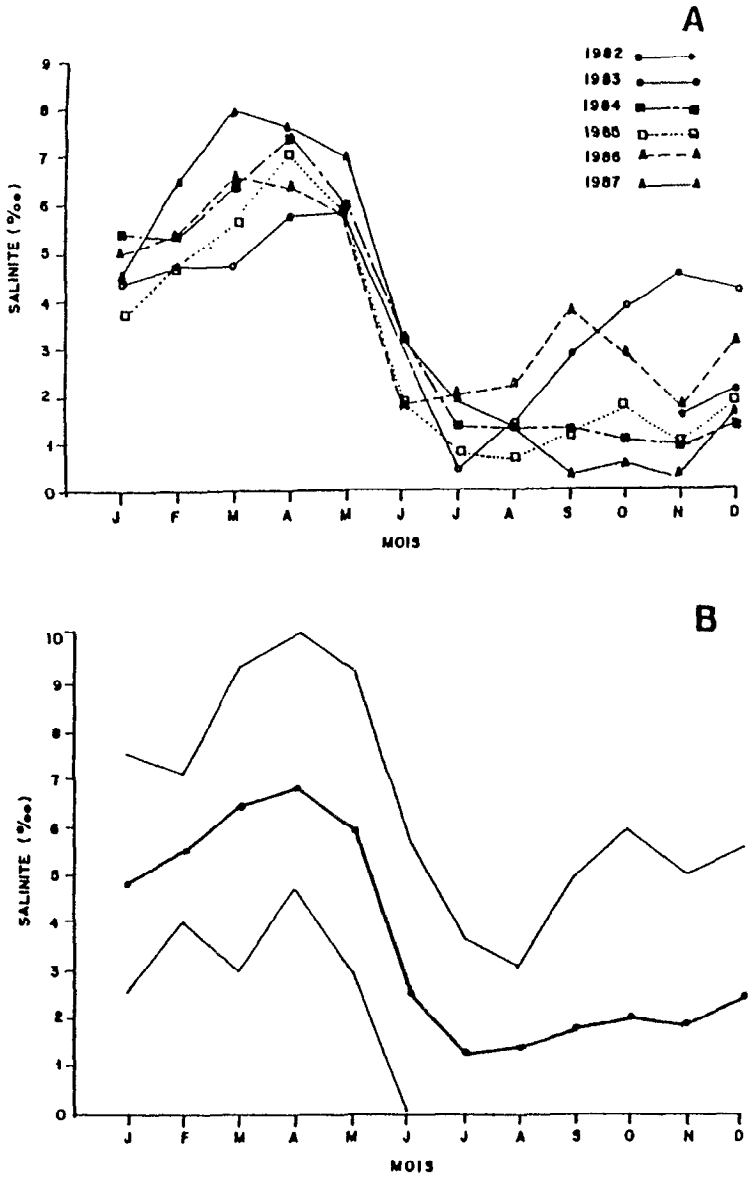


Figure 3 : Salinité à Layo (*in* Trebaol, 1991).

A : Evolutions saisonnières pour les années 1982 à 1987.
B : Domaine de variabilité et évolution saisonnière moyenne (période 1982-1987).

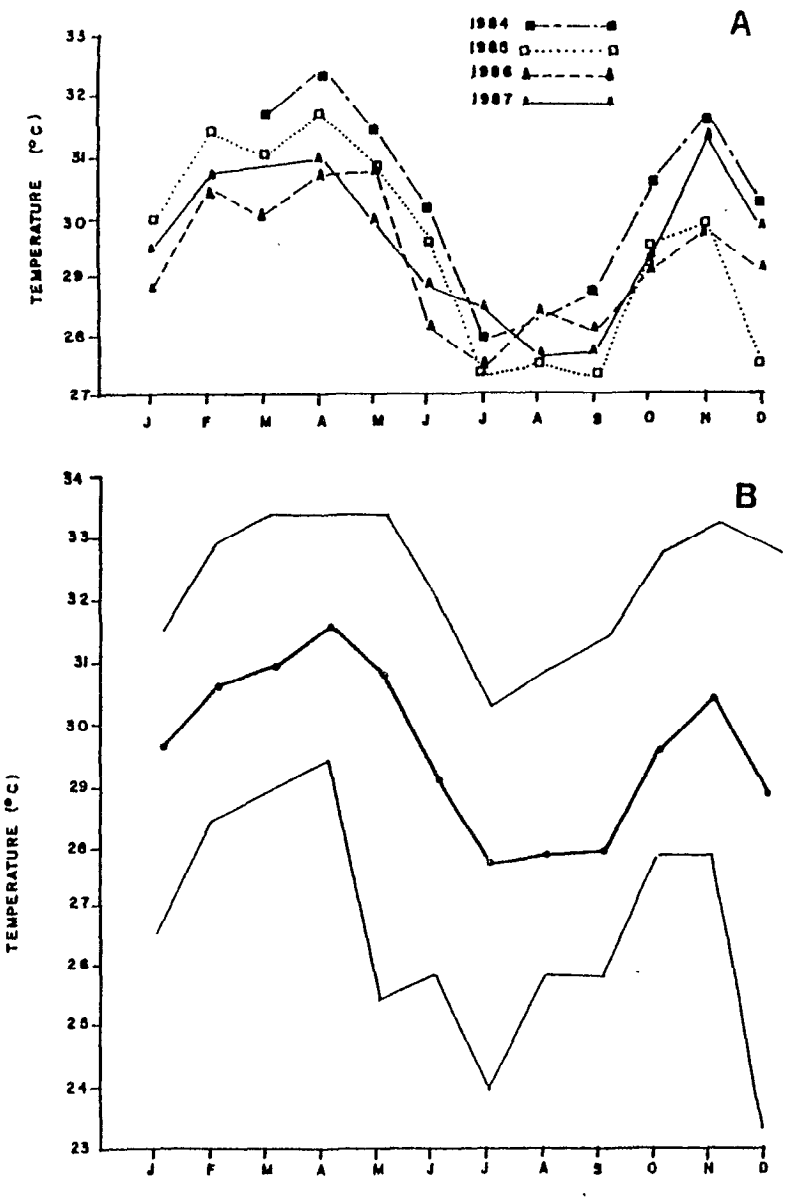


Figure 4 : Température à Layo (*in* Trebaol, 1991).

A : Evolutions saisonnières pour les années 1984 à 1987.
B : Domaine de variabilité et évolution saisonnière moyenne (période 1984-1987).

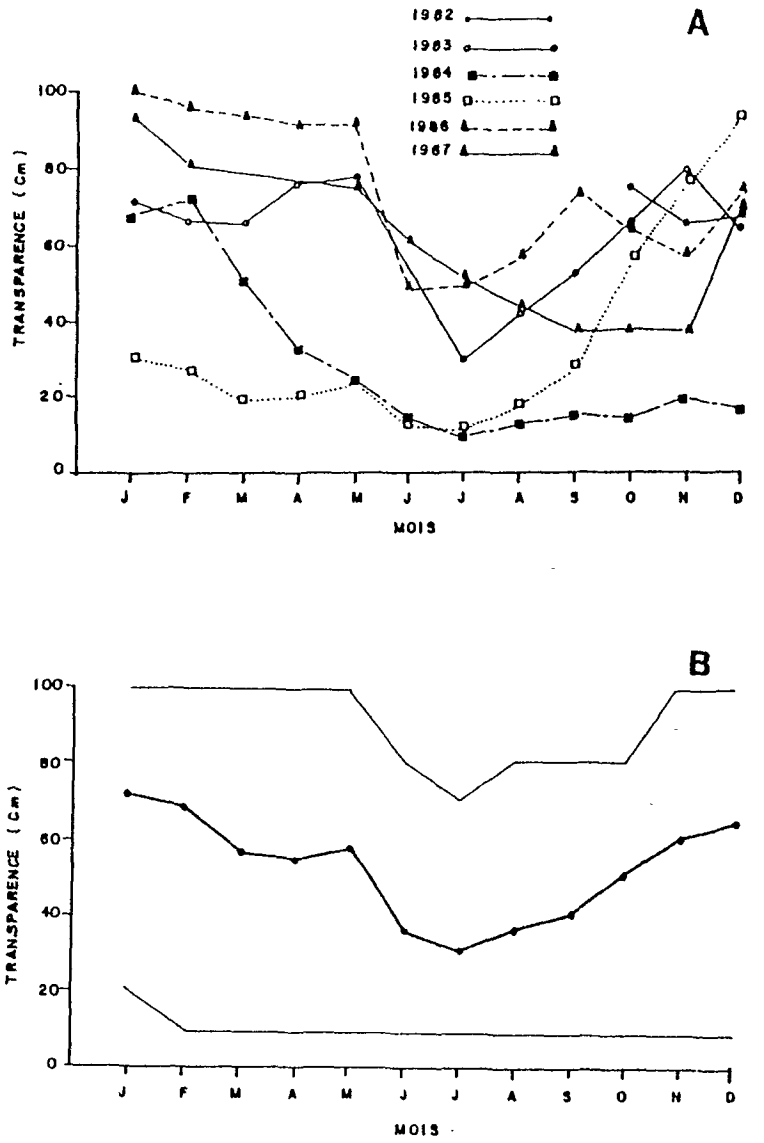


Figure 5 : Transparence à Layo (*in* Trebaol, 1991).

A : Evolutions saisonnières pour les années 1982 à 1987.
B : Domaine de variabilité et évolution saisonnière moyenne (période 1982-1987).

1.3- L'ichtyofaune de la lagune Ebrié

La première description détaillée de l'ichtyofaune lagunaire a été donnée par l'ouvrage de synthèse de Daget et Iltis (1965) consacré aux poissons des eaux douces et saumâtres de la Côte-d'Ivoire. Ces auteurs avaient identifié 105 espèces de poissons en Lagune Ebrié. Les travaux effectués depuis au CRO d'Abidjan, notamment dans le cadre de l'étude globale des peuplement ichtyques réalisée en 1980-1981, ont porté à 153 le nombre des espèces (71 familles) signalées de cette lagune (Addendum 1). Ces travaux ont été récemment synthétisés par Albaret (1991), qui explique la forte richesse spécifique de la lagune Ebrié par les grandes dimensions, la diversité morpho- édaphique et la large ouverture de ce milieu aux écosystèmes marins et continentaux.

Une classification de l'ichtyocénose lagunaire -indispensable pour décrire d'abord, puis pour aborder certains aspects fonctionnels des peuplements- a été proposée par Albaret (*op. cit.*). Outre le degré d'euryhalinité, considéré accessoirement, ou pour certaines espèces à titre principal, les caractéristiques fondamentales du cycle bioécologique de chaque espèce (ou population) ont été prises en compte : lieu de reproduction, répartion, existence de plusieurs écophases. A partir d'un point central, les formes exclusivement estuariennes, huit catégories sont ainsi créées qui se répartissent dans les deux directions, marine et continentale (fig. 6) :

- **Formes estuariennes (E.)**, présentes exclusivement en milieu lagunaire où se déroule la totalité du cycle biologique.

- **Formes estuariennes d'origine marine (E.m.)**, parfaitement adaptées aux conditions lagunaires. La reproduction a lieu en lagune (souvent dans son secteur maritime) mais peut également survenir en milieu marin.

- **Formes estuariennes d'origine continentale (E.c.),** parfaitement adaptées aux conditions lagunaires. La reproduction a lieu en lagune mais également dans les milieux continentaux fluviaux et lacustres où elles sont également représentées.

- **Formes marines - estuariennes (M.E.)**, d'origine marine, très euryhalines, ne se reproduisant pas en lagune, mais capables d'y effectuer un début de maturation sexuelle (seulement dans le secteur maritime de la lagune). Elles sont représentées par des populations permanentes et abondantes.

- **Formes marines accessoires (M.a.)**, espèces littorales régulièrement capturées en lagune bien que rarement très abondantes et dont la présence est limitée dans l'espace et/ou le temps aux zones sous influence marine prépondérante. Leur reproduction s'effectue en mer.

- **Formes marines occasionnelles (M.O.)**, toujours très rares, voire exceptionnelles dans les captures et uniquement localisées à proximité du canal de Vridi.

- **Formes continentales à affinité estuarienne (C.e.)**, parfois abondantes et qu'une certaine tolérance aux basses salinités autorise à pénétrer en milieu saumâtre. La reproduction, lorsqu'elle s'effectue en lagune, est toujours limitée à la région la plus occidentale (lagunes Aghien et Potou) ou à proximité de l'embouchure des fleuves et rivières.

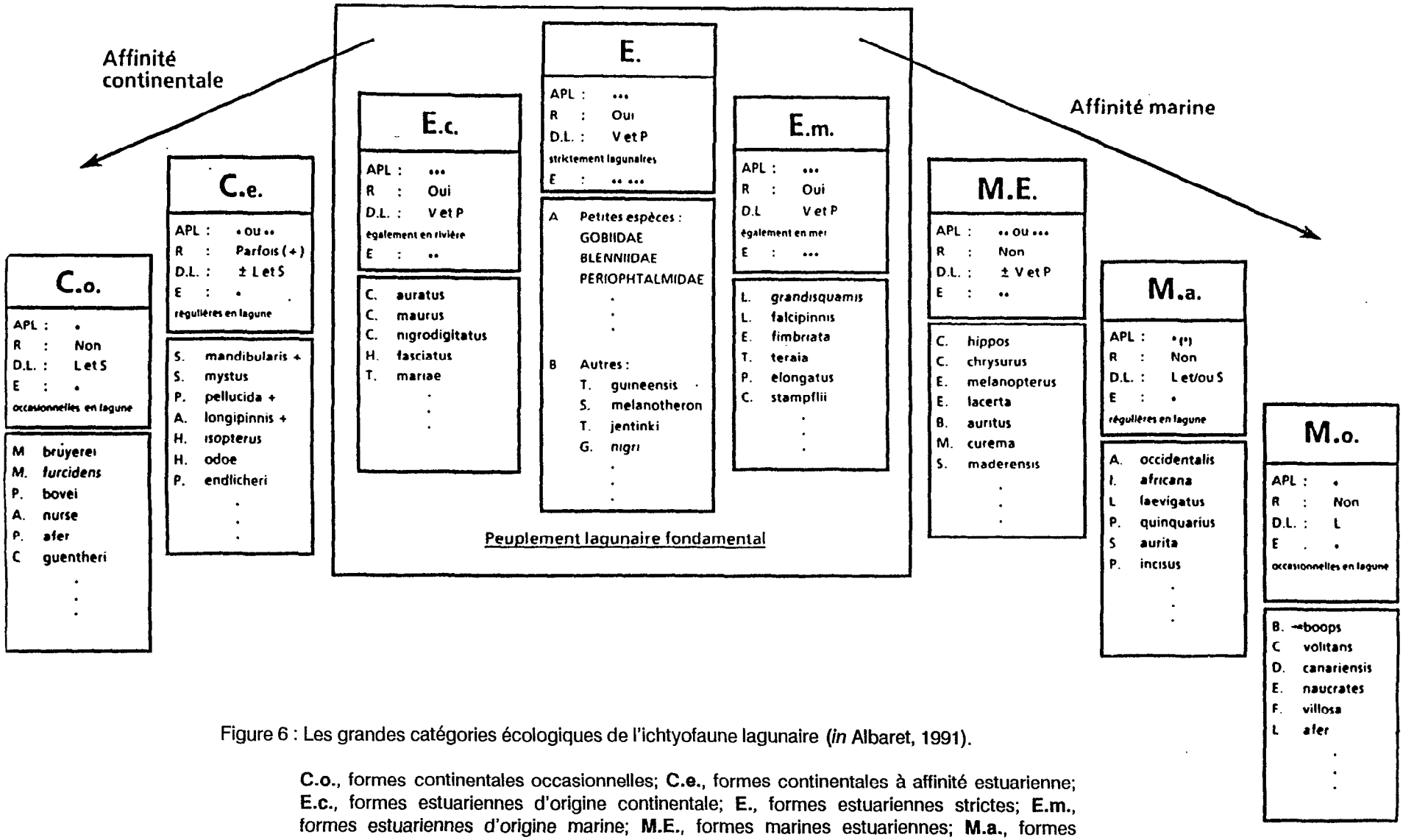


Figure 6 : Les grandes catégories écologiques de l'ichtyofaune lagunaire (*in* Albaret, 1991).

C.o., formes continentales occasionnelles; **C.e.**, formes continentales à affinité estuarienne; **E.c.**, formes estuariennes d'origine continentale; **E.**, formes estuariennes strictes; **E.m.**, formes estuariennes d'origine marine; **M.E.**, formes marines estuariennes; **M.a.**, formes marines accessoires; **M.o.**, formes marines occasionnelles. **R**, reproduction lagunaire; **D.L.**, distribution lagunaire (V, vaste, L, limitée, S, saisonnière, P, permanente); **E**, euryhalinité (*, faible, **, forte, ***, quasi-totale).

- **Formes continentales occasionnelles (C.O.)**, dont la présence est exceptionnelle en lagune et toujours très limitée dans le temps (crue) ou l'espace (débouché lagunaire des fleuves et rivières) aux eaux totalement douces ou très légèrement salées. Elles ne se reproduisent pas en lagune.

Le recensement des espèces de la lagune Ebrié et les connaissances acquises sur leur bio- écologie (en partie synthétisées par leur répartition dans les huit catégories définies ci-dessus), ont servi de base à la tentative d'identification des espèces d'intérêt potentiel pour la pisciculture lagunaire.

1.4- Les espèces lagunaires d'intérêt piscicole

Le développement de la pisciculture lagunaire en Afrique de l'Ouest, bien que faisant partie des recommandations formulées à l'issue du dernier Symposium sur l'aquaculture en Afrique (Shehadeh, 1976), est encore peu important, voire inexistant, dans la plupart des pays de la région (Ardill, 1982; Jackson, 1988; Lazard *et al.*, 1990). Dans ce contexte neuf, le problème du choix des espèces les plus appropriées se pose avec une acuité particulière. Ce choix dépend directement des caractéristiques biologiques et écologiques des espèces considérées et du contexte social et économique des pays concernés.

Dans le but d'identifier les espèces de poissons d'intérêt potentiel pour l'aquaculture dans les lagunes ivoiriennes une procédure en deux étapes a été adoptée (Legendre et Albaret, 1984) :

- l'étape de **présélection** vise à retenir au sein de l'ensemble des espèces lagunaires celles qui paraissent présenter un intérêt potentiel pour un quelconque type d'élevage et à ce titre pourraient mériter un complément d'étude et d'expérimentation;

- l'étape de **sélection** consiste alors à évaluer les performances aquacoles (acceptation d'aliments composés et indices de consommation, croissance, survie) des espèces présélectionnées les plus prometteuses par des essais de grossissement à partir de juvéniles capturés en milieu naturel.

Lorsque l'étape de selection a été franchie avec succès et laisse entrevoir la possibilité d'une production commerciale, deux étapes supplémentaires sont encore nécessaires pour asseoir le potentiel aquacole d'une espèce nouvelle :

- la **maîtrise** de la filière d'élevage dont l'objectif est de boucler le cycle biologique en captivité et de disposer d'un aliment et de structures adaptées à tous les stades de l'élevage.

- la **validation** en vraie grandeur et en milieu producteur ainsi que l'**optimisation** de la filière qui accompagne son transfert vers le développement.

1.4.1- Etape de présélection

Partant d'informations sur la bio- écologie des espèces composant l'ensemble d'un peuplement, il s'agit d'évaluer les possibilités que pourraient présenter ces espèces dans le cadre d'un élevage aquacole. Ces informations fournissent, pour chaque espèce, de premières indications sur la nature des sites lagunaires adéquats et sur le type d'élevage pouvant être envisagé.

L'autre composante est de nature culturelle et commerciale, les espèces doivent être appréciées des consommateurs et avoir une valeur marchande suffisante pour qu'une rentabilité économique puisse être *a priori* attendue. Le coût de production est fonction des méthodes d'élevage développées en relation avec la biologie de l'espèce. Dans le cadre d'une filière intensive, la part de l'alimentation composée représente généralement à elle seule au moins 50 % du coût de production. Un autre élément important, qui détermine le temps de retour sur l'investissement, est la durée du cycle de grossissement. En Afrique, où les capacités d'investissement à long terme sont souvent limitées, les espèces à croissance rapide doivent être privilégiées.

Les paramètres biologiques et économiques sont donc largement imbriqués et doivent être considérés sur un même niveau d'importance (Webber et Riordan, 1976; Wu, 1989). La culture d'une espèce boudée par les consommateurs est sans intérêt, mais, à l'inverse, une forte valeur marchande ne renseigne pas sur la faisabilité bio-technique de l'élevage.

Dans le cas de la lagune Ebrié, une fraction importante des espèces rencontrées a une large zone de répartition géographique. L'évaluation de leur potentiel aquacole dépasse donc le cadre strict de la Côte-d'Ivoire et peut fournir des bases pour le développement de l'aquaculture dans les eaux saumâtres africaines.

La présélection est ici réalisée pour une aquaculture orientée vers la production de poissons de consommation (monoculture et/ou polyculture). Bien qu'également susceptibles de générer un développement économique important, les autres types d'élevages, tels que ceux orientés vers l'aquariophilie ou la lutte biologique(1), ne sont pas considérés à ce stade.

Les critères de présélection retenus ont été les suivants :

- La taille maximale observée (TMO) présente un double intérêt.

D'une part, elle doit être suffisamment élevée pour que la taille des poissons, en aval d'une production orientée vers la consommation, puisse être compatible avec les exigences du marché. Pour cette raison, les espèces de TMO inférieure à 250 mm ont été écartées.

D'autre part, elle constitue un outil précieux pour l'évaluation du potentiel de croissance et permet une hiérarchisation des espèces de caractéristiques biologiques par ailleurs similaires (Legendre et Albaret, 1991*).

---

(1) Par exemple, pour les eaux douces, l'utilisation des Cichlidae (*Haplochromis* spp.) dans le but d'éliminer les mollusques vecteurs de la bilharziose en étangs et rizières (Shehadeh, 1976).

- Les zones de répartition et l'abondance des espèces en lagune renseignent sur leur degré d'euryhalinité, sur leur capacité à supporter des variations physico-chimiques brutales (alternance de la qualité des eaux en secteur estuarien liée au cycle des marées) et sur les zones où leur élevage peut être envisagé.

- L'aire de répartition géographique et la nature des biotopes colonisés peut aussi indiquer la marge de tolérance d'une espèce à différents facteurs de l'environnement. Elle permet en outre d'identifier les régions concernées par un développement éventuel de son élevage (importance du marché international).

- L'état des poissons à l'issue des pêches expérimentales fournit une première indication sur la résistance des différentes espèces à la manipulation.

- Le régime alimentaire permet d'évaluer l'exigence trophique de l'espèce et indique le type d'élevage envisageable. Les prédateurs strictement ichtyophages acceptent souvent mal les aliments composés. A l'inverse, seules les espèces se nourrissant sur les plus bas niveaux de la chaîne trophique peuvent être considérées pour une aquaculture extensive.

- Les zones et périodes de reproduction, la fécondité et la taille des oeufs, l'existence de comportements particuliers associés à la reproduction sont autant d'indices des contraintes qui pèseront sur les possibilités d'obtention d'alevins en captivité.

Une fécondité très faible implique l'entretien d'un stock de géniteurs important pour une production soutenue en juvéniles. Pour cette raison, les espèces présentant une fécondité inférieure à 50 oeufs par ponte n'ont pas été retenues.

La taille de première maturation sexuelle, par comparaison avec la taille de commercialisation, est un critère qui pourrait permettre d'évaluer l'incidence de la reproduction sur la croissance pendant le grossissement. Cette donnée, disponible seulement pour une petit nombre d'espèces, est cependant susceptible de changer en élevage (cas des tilapias, notamment).

- Enfin, le prix de vente des poissons lagunaires n'ayant été précisément établi que pour les principales espèces commercialisées (Weigel, 1983), leur qualité de chair (présence/absence d'arêtes intramusculaires, notamment) et leur appréciation générale par les consommateurs ont été prises en compte pour en évaluer, de manière certes plus subjective, l'intérêt commercial.

Les données biologiques et écologiques utilisées sont principalement celles recueillies au cours du programme d'étude des peuplements ichtyologiques de la lagune Ebrié (Albaret, 1991), dont la méthodologie d'échantillonnage a été décrite antérieurement (Albaret et Legendre, 1985*). En fonction de l'abondance des espèces dans le milieu, ces données restent toutefois assez limitées pour certaines d'entre elles. Des informations complémentaires ont été obtenues à partir d'ouvrages

généraux sur l'ichtyofaune marine et continentale de l'Afrique de l'Ouest (Daget, 1954; Daget et Iltis, 1965; Fisher *et al.*, 1981; Seret et Opic, 1981), ainsi que sur la base des essais d'élevage déjà réalisés pour quelques espèces (Micha, 1973; Bard *et al.*, 1976; Micha et Frank, 1976; Elliott, 1976; Sivalingam, 1976; Jackson, 1988).

La démarche de présélection a consisté dans un premier temps a éliminer les espèces présentant une TMO réduite, une fécondité très faible (ariidés, notamment) ou une chair susceptible de toxicité (cas des tétraodontidés, par exemple). Pour chaque espèce restante, une fiche compilant l'ensemble de l'information disponible a été préparée (Albaret et Legendre, non publié). Sur cette base, un premier tri a été effectué entre les familles présentant une résultante négative ou positive dans leurs caractéristiques en vue d'un élevage.

Les familles ou espèces à **résultante négative** sont celles pour lesquelles les motifs de rejet ne sont pas absolus mais souvent puissants. Leur intérêt aquacole apparaît très mineur, voire inexistant, notamment en comparaison d'autres espèces aux caractéristiques plus favorables. Nous en donnerons ici deux exemples :

- L'hepsetidé, *Hepsetus odoe* (TMO de 510 mm LS), est un prédateur ichtyophage strict à l'état adulte. Il ne paraît pas présenter d'intérêt intrinsèque pour la pisciculture, mais son utilisation comme prédateur associé dans les élevages de tilapias a été envisagée. Elliott (1976) rapporte cependant qu'il serait capable d'exercer une forme de prédation spécialisée en arrachant les branchies des poissons avec lesquels il est élevé.

- L'élopidé, *Elops lacerta* (TMO 900 mm LT) possède un stade larvaire leptocéphale. Le contrôle de son cycle biologique en captivité apparaît donc *a priori* particulièrement délicat. C'est un consommateur tertiaire (crustacés et petits poissons), relativement abondant en lagune où il n'est présent qu'au stade juvénile. Les jeunes individus présentent une résistance à la manipulation extrêmement mauvaise.

Les familles ou espèces à **résultante positive** sont celles pour lesquelles aucun motif de rejet n'a été mis en évidence et qui présentent au contraire des caractéristiques biologiques et commerciales plus ou moins favorables pour la pisciculture : 25 familles (68 espèces) se trouvent encore dans cette catégorie.

Considérant les critères de préselection retenus, une hiérarchisation a été tentée au sein des familles représentées par plusieurs espèces. Un exemple de ce type de classement est donné pour les mugilidés par Albaret et Legendre (1985*) et est présenté ci-après pour les familles qui ont finalement été retenues pour des essais en élevage (section 1.4.2).

Une hiérarchisation a également été effectuée entre les familles dont les espèces présentent des formes et des caractéristiques très voisines. Ainsi, par exemple, les mochokidés, *Synodontis bastiani* et *Synodontis schall*, sont des siluriformes de tailles maximales modestes (280 et 490 mm LT, respectivement) qui se caractérisent par l'existence d'un fort bouclier osseux céphalo-nucal. L'intérêt aquacole de *S. schall* (le plus grand des deux) paraît positif dans l'absolu, en regard

C. o.	C. e.	E. c.	E.	E.m.	M. E.	M. a.	M. o.
Polypterus endlicheri	*Schilbe mandibularis*	***Chrysichthys nigrodigitatus*** *(1)*	*Tylochromis jentinki (1)*	***Trachinotus teraia*** *(1)*	*Epinephelus aenus*	*Pseudotolithus senegalensis*	*Stromateus fiatola*
Heterotis niloticus	***Heterobranchus longifilis*** *(1)*		***Tilapia guineensis*** *(1)*	*Pomadasys jubelini*	*Caranx hippos*	*Plectorinchus macrolepis*	*Mugil cephalus (2)*
Papyrocranus afer			***Sarotherodon melanotheron*** *(1)*	*Pseudotolithus elongatus*	*Polydactylus quadrifilis*	*Lutjanus goreensis*	*Drepane africana*
Mormyrus rume				*Liza falcipinnis (2)*			*Pseudupeneus prayensis*
Labeo coubie				*Cynoglossus senegalensis*			*Lutjanus dentatus*
							Lichia amia
							Sparus coeruleostictus

(1) voir texte
(2) voir Albaret et Legendre (1985)

Tableau 1 : Liste des espèces d'intérêt potentiel pour la pisciculture en milieu lagunaire ivoirien, avec leur appartenance aux différentes catégories écologiques définies par Albaret (1991; fig. 6).

C.o., formes continentales occasionnelles; **C.e.**, formes continentales à affinité estuarienne; **E.c.**, formes estuariennes d'origine continentale; **E.**, formes estuariennes strictes; **E.m.**, formes estuariennes d'origine marine; **M.E.**, formes marines estuariennes; **M.a.**, formes marines accessoires; **M.o.**, formes marines occasionnelles.

En gras : espèces ayant fait l'objet d'essais en élevage dans le cadre des études réalisées au CRO d'Abidjan

notamment d'un régime alimentaire omnivore (Daget, 1954) et d'une chair appréciée des consommateurs. Mais, en comparaison des autres siluriformes (bagridés, clariidés, schilbeidés), rien ne semble plaider en faveur de son utilisation en pisciculture.

En appliquant cette démarche, une liste de 29 espèces appartenant à 21 familles, pour lesquelles aucun argument éliminatoire (absolu ou hiérarchique) n'a pu être avancé, est finalement obtenue (tabl. 1). L'intérêt supposé de ces différentes espèces pour la pisciculture dans les lagunes de Côte-d'Ivoire est cependant loin d'être équivalent, tant sur le plan biologique et écologique que sur celui de la faisabilité économique. En outre, la biologie de certaines de ces espèces reste encore mal connue et demanderait des compléments d'informations (*Papyrocranus afer*, *Stromateus fiatola* et *Drepane africana*, notamment).

Treize espèces (tabl. 1), appartenant aux catégories M.E., M.a. et M.o. définies par Albaret (1991 et fig. 6), ne semblent pas capables de se reproduire en lagune, ni même d'y effectuer un début de maturation sexuelle. Le grossissement de ces espèces en élevage peut être envisagé dans des zones plus ou moins étendues de la lagune en fonction de leur degré d'euryhalinité. Toutefois, des concentrations de juvéniles naturels n'ont pas été identifiées et, dans l'hypothèse d'un contrôle de la reproduction en captivité, l'entretien des géniteurs ne pourrait s'effectuer qu'en eau de mer. Ceci nécessiterait l'installation de bassins alimentés en eau par un pompage en mer. Bien que cette solution ait été récemment adoptée par la société privée "Blohorn" pour des élevages de crevettes (*Penaeus monodon*) à Grand Lahou, elle est très coûteuse et n'apparaît pas actuellement comme la plus réaliste pour le développement de la pisciculture lagunaire en Côte-d'Ivoire. L'utilisation aquacole de ces espèces pourrait être plus facilement envisageable dans un milieu estuarien tel que celui de la basse Casamance (Sénégal) où la plupart d'entre elles sont également présentes et où la salinité est toute l'année égale ou supérieure à celle de l'eau de mer. A l'exception de *Mugil cephalus*, tous ces poissons sont des consommateurs tertiaires. Certains montrent une forte tendance ichtyophage au stade adulte (*Epinephelus aenus*, *Caranx hippos*, *Lichia amia*, *Lutjanus spp.*) et pourraient ne pas accepter facilement les aliments composés.

A l'opposé, 5 espèces appartenant au groupe C.o. (tabl. 1) ne semblent capables d'effectuer leur maturation sexuelle qu'en eau douce. Leur élevage pourrait toutefois être réalisé en milieu lagunaire totalement déssalé, tel que la lagune Aghien (*Mormyrus rume*), ou pour certaines d'entre elles apparemment plus tolérantes à la salinité, dans les zones oligohalines de la lagune Ebrié (*Labeo coubie*, *Polypterus endlicheri*).

En définitive, seules 11 des espèces retenues (9 familles), appartenant aux groupes C.e., E.c., E. et E.m. (tabl. 1), effectuent la totalité de leur maturation gonadique en lagune et paraissent présenter un intérêt potentiel plus général pour l'aquaculture dans les lagunes ivoiriennes.

1.4.2- Etapes de sélection et de maîtrise de la filière d'élevage

Parmi les espèces capables d'effectuer leur maturation sexuelle en lagune, des représentants de 4 familles (bagridés, cichlidés, clariidés et carangidés) ont été choisis pour faire l'objet d'études approfondies en conditions d'élevage dans le cadre des recherches menées par le CRO d'Abidjan.

- Bagridés

L'intérêt des bagridés pour la pisciculture lagunaire a été identifié très tôt, dès le milieu des années 70. Leur choix pour l'élevage est donc antérieur à la démarche de présélection systématique présentée ici. Les critères qui ont conduit à identifier leur intérêt piscicole sont toutefois de même nature, ils reposent sur la connaisance préalable de leur biologie en milieu lagunaire et de leur intérêt commercial.

Les "machoirons", aussi surnommés "poissons ministres", sont particulièrement appréciés des consommateurs ivoiriens et présentent un prix de vente élevé en région lagunaire. Bien que d'origine continentale, ils sont relativement abondants et présents en permanence en lagune où ils ont été capturés dans des eaux de salinité comprise entre 0 et 35 $g.l^{-1}$. Ils montrent toutefois une préférence pour les eaux oligo et mésohalines. La reproduction s'effectue en lagune mais est limitée aux zones oligohalines. Le régime alimentaire, à tendance zooplanctophage chez les juvéniles, jusqu'à la taille de 15 cm, est principalement malacophage chez les adultes (Konan, 1983). La résistance à la manipulation est excellente.

Trois espèces sont présentes en lagune Ebrié, *Chrysichthys auratus*, *C. maurus* et *C. nigrodigitatus*. Leurs tailles maximales (observées en lagune) sont respectivement de 290 mm, 403 mm et 700 mm (LF). Ce qui incitait à privilègier le choix de *C. nigrodigitatus* pour la pisciculture. Les essais réalisés en élevage ont confirmé que la croissance de *C. nigrodigitatus* est supérieure à celle ce *C. maurus*, la croissance de ce dernier étant elle même supérieure à celle de *C. auratus* (Dia *et al.*, 1985; Hem *et al.*, 1991). L'exemple des bagridés constitue donc une bonne illustration de la validité de la TMO utilisée comme critère de préselection des espèces d'intérêt aquacole (Legendre et Albaret, 1991*).

La pisciculture lagunaire des machoirons, initialement basée sur la collecte de pontes de *C. maurus* en milieu naturel, a connu son véritable démarrage avec la maîtrise de la reproduction de *C. nigrodigitatus* en captivité (Hem, 1986). Un transfert efficace des résultats de la recherche (CRO) vers le développement (Projet de Développement de l'Aquaculture Lagunaire) a rapidement conduit l'aquaculture de cette espèce à un stade d'exploitation économique (production de 150 t en 1987). Une revue des recherches effectuées sur les machoirons est présentée par Hem *et al.* (1991).

- Carangidés

Avec 11 espèces (8 genres), cette famille est la mieux représentée en lagune Ebrié (Addendum 1). La plupart de ces espèces ne sont toutefois présentes qu'aux stades juvénile ou subadulte et leur répartition lagunaire est généralement limitée aux secteurs sous influence marine prépondérante. *Trachinotus teraia* se démarque nettement par la présence permanente de toutes ses

écophases dans les différents secteurs lagunaires. Il se reproduit en lagune et y atteint sa taille maximale (724 mm LF). Sa résistance à la manipulation est très bonne. Le régime alimentaire des adultes est malacophage. C'est une espèce noble très prisée des consommateurs et sa valeur commerciale est équivalente à celle des machoirons. Pour ces différentes raisons, des essais d'élevage de *T. teraia* ont été entrepris au CRO.

Globalement, une bonne aptitude de *T. teraia* à l'élevage en enclos lagunaires a été démontrée (Trebaol, 1991). L'aliment composé développé pour le machoiron est bien accepté par *T. teraia* et conduit à une croissance rapide en élevage. L'espèce s'est toutefois avérée particulièrement sensible aux déplétions en oxygène dans le milieu. Le problème majeur, qui reste à résoudre, est celui de l'approvisionnement en juvéniles. Le contrôle de la reproduction et l'élevage larvaire de ce poisson à petits oeufs pélagiques nécessiterait un investissement important en recherche et en matériel qu'il apparaît prématuré d'envisager dans le contexte actuel de l'aquaculture ivoirienne. La collecte de juvéniles en milieu naturel est une autre possibilité qui demanderait à être approfondie.

- Cichlidés

Avec 8 espèces (auxquelles s'ajoute une espèce introduite aux fins d'élevage, *Oreochromis niloticus*), la famille des cichlidés est, en lagune Ebrié, la plus riche en espèces après celle des carangidés.

Compte tenu de l'intérêt général des tilapias en aquaculture, des problèmes d'adaptation au milieu lagunaire rencontrés avec l'espèce introduite (*O. niloticus*) et de la popularité de ces poissons auprès des consommateurs, la nécessité d'une évaluation du potentiel aquacole des deux plus grandes espèces de tilapias autochtones apparaissait comme tout à fait évidente.

Ces tilapias, *Sarotherodon melanotheron* (TMO de 334 mm LF) et *Tilapia guineensis* (TMO de 315 mm LF), sont des espèces estuariennes types dont la répartition géographique va du Sénégal au Zaïre. Leur position dans le réseau trophique de l'écosystème Ebrié est intéressante en ce qu'ils représentent, avec l'ethmalose (*Ethmalosa fimbriata*) et les mugilidés, les principaux consommateurs primaires au sein de l'ichtyofaune lagunaire qui en compte au demeurant fort peu (Albaret et Legendre, 1985*; Albaret, 1991). Pour *S. melanotheron*, cinq sous espèces sont distinguées par Trewavas (1983) sur la base de critères morphologiques. L'aire de répartition géographique de la sous espèce présente en lagune Ebrié, *S. melanotheron melanotheron*, s'étend de la Côte-d'Ivoire au Cameroun.

Parmi les autres cichlidés identifiés en lagune, *Tilapia mariae*, *Hemichromis bimaculatus*, *Chromidotilapia guntheri* et *Thysia ansorgii* ont tous une taille maximale inférieure à 230 mm, jugée insuffisante pour présenter un intérêt en pisciculture. *Hemichromis fasciatus* est un prédateur ichtyophage, qui à l'instar du channidé, *Parachanna obscura*, peut être utilisé en élevage associé avec les tilapias pour contrôler la prolifération indésirée d'alevins. *Tylochromis jentenki* est un malacophage (TMO de 390 mm LF) dont le potentiel aquacole pourrait mériter un examen plus approfondi, son prix de vente étant toutefois légèrement inférieur à celui de *S. melanotheron* (Weigel, 1983).

- Clariidés

Les clariidés sont représentés en lagune par deux genres, *Clarias* et *Heterobranchus*. Si l'intérêt aquacole des *Clarias* n'est plus à démontrer (Huisman et Richter, 1987; Areerat, 1987), celui des *Heterobranchus*, bien que souligné par les observations préliminaires de Micha (1973) en étangs d'eau douce, restait très mal connu.

Des trois *Clarias* identifiés, seul *C. ebriensis* dont la taille maximale est faible (315 mm LT) n'est pas à considérer pour l'élevage. La TMO de *C. anguillaris* (830 mm LT) est par ailleurs sensiblement inférieure à celle de *C. gariepinus* (925 mm LT mais qui pourrait dépasser 1 000 mm; Daget et Iltis, 1965). Seule cette dernière espèce, dont la répartition géographique est la plus large, a connu un développement important de son élevage au cours des deux dernières décennies. *C. anguillaris* semble toutefois plus lagunaire que *C. gariepinus*. Pour Teugels (comm. pers.), qui n'a jamais observé *C. gariepinus* dans les régions côtières de la Côte-d'Ivoire, sa présence en lagune Ebrié pourrait même résulter d'une identification erronée. Il est vrai que la distinction de ces deux espèces, qui ne repose que sur le nombre de branchiospines (Teugels, 1982), est délicate, surtout pour les petits individus. Ce point demanderait donc éclaircissement.

Les tailles maximales indiquées par Daget et Iltis (1965) pour les deux *Heterobranchus* identifiés, *H. longifilis* et *H. isopterus*, sont voisines (930 mm et 900 mm LT, respectivement). Toutefois, la présence dans l'Oubangui de *H. longifilis* de 1 500 mm pour 30 kg est rapportée par Micha (1973) et l'espèce pourrait même atteindre jusqu'à 60 kg (Bell-Cross, 1976, *in* Jackson, 1988).

L'abondance de ces clariidés en lagune est sans doute aujourd'hui largement sous estimée. Ils ne sont généralement pas capturés par les engins d'échantillonnage utilisés (senne tournante en particulier) en raison de leur répartition préférentielle dans des biotopes difficiles d'accès (herbiers de bordure) et de leur activité surtout nocturne. Ainsi, dans la région de Layo, alors qu'aucun spécimen n'a été capturé à la senne tournante, les captures effectuées à la ligne ou au filet maillant par les pêcheurs, si elles ne sont jamais abondantes ni régulières, n'ont rien d'exceptionnel. *H. longifilis* est plus abondant dans cette région que *H. isopterus* (observ. pers.), alors que dans les cours d'eau de l'intérieur de la Côte-d'Ivoire cette dernière espèce prédomine (Daget et Iltis, 1965; Galbreath et Oswald, comm. pers.).

Au sein des clariidés, la taille maximale particulièrement élevée de *H. longifilis* tendait à privilégier le choix de cette espèce pour la pisciculture.

H. longifilis présente en commun avec *C. gariepinus* de nombreuses caractéristiques *a priori* favorables pour l'élevage : remarquable performance de croissance, grande robustesse, capacité à supporter des conditions hypoxiques grâce à son organe suprabranchial de respiration aérienne, régime alimentaire omnivore (Micha, 1973; Bard *et al.* , 1976). L'aire de répartition géographique de *H. longifilis* est très vaste et couvre la quasi-totalité des grands bassins fluviaux de l'Afrique inter-tropicale (Teugels *et al.*, 1990).

Du fait de la faible abondance de ce poisson en milieu lagunaire, sa tolérance à la salinité était mal connue. Ses performances de croissance et son adaptabilité en milieu lagunaire ont tout d'abord été confirmées à partir d'un petit nombre d'individus capturés sur le site de Layo (Legendre, 1983b*). Les travaux réalisés par la suite ont eu pour objectifs le contrôle de la reproduction en

captivité et la définition d'une filière d'élevage en monoculture. Ceci n'avait encore jamais été tenté pour cette espèce.

H. longifilis est recherché par la grande majorité des consommateurs ivoiriens, bien que localement frappé d'interdits alimentaires (Legendre, 1989*).

Les connaissances acquises sur la biologie et l'élevage des deux tilapias lagunaires, *S. melanotheron* et *T. guineensis*, et du silure, *H. longifilis*, sont présentées dans la suite du présent travail.

2- BIOLOGIE ET STRATEGIE DE LA REPRODUCTION

La grande importance économique des tilapias lagunaires qui figurent parmi les principales espèces de la pêcherie lagunaire (Durand et Skubich, 1982; Ecoutin *et al.*, 1991) et leur intérêt pour un élevage éventuel ont conduit à étudier la reproduction de *T. guineensis* et de *S. melanotheron* simultanément en milieu naturel et dans des conditions de captivité en enclos. Par comparaison, ceci a permis une évaluation globale de l'impact de l'environnement aquacole sur les principaux traits de la sexualité et de mettre en évidence l'expression de stratégies adaptatives pour ces espèces.

A l'inverse, pour *H. longifilis*, dont les captures sont toujours faibles et épisodiques en milieu lagunaire, des échantillons suffisamment abondants et réguliers d'individus sauvages n'ont pu être obtenus. Pour cette espèce, l'étude de la reproduction s'est donc limitée strictement aux populations maintenues en élevage sur la station de Layo. D'une manière générale la biologie de *H. longifilis* en milieu naturel reste mal connue; quelques observations ont toutefois été effectuées pour d'autres milieux, principalement les rivières Oubangui et Bénoué (Micha, 1973; Motwani, 1970). Ces observations, bien que souvent sommaires, constituent néanmoins de précieux points de repère. Dans certains cas, il semble également possible de s'appuyer sur les connaissances acquises chez un autre clariidé, *Clarias gariepinus*, beaucoup mieux connu. De nombreux arguments (morphologie, caryologie, polymorphisme enzymatique, ontogénie, fécondité et taille des oeufs) tendent en effet à montrer la proximité de ces deux espèces et la similitude des grands traits de leur biologie (Teugels *et al.*, 1990; Teugels *et al.*, 1992a et 1992b; Legendre et Teugels, 1991*; Legendre *et al.*, 1992*). Toutefois, des différences importantes entre ces deux poissons, indiquées plus loin, ont également été mises en évidence.

Après avoir évoqué les caractéristiques du comportement reproducteur de ces espèces, nous résumerons les données principales concernant la dynamique de la gonade, la première maturation sexuelle, les cycles saisonniers et la fécondité. Une analyse des différences observées dans la stratégie de reproduction des tilapias lagunaires en milieu naturel et en élevage sera effectuée sur la base de ces résultats.

Pour justifier l'ordre des points abordés, rappelons brièvement que d'une façon générale :

- la connaissance des grandes étapes du processus de maturation des gonades est un préalable indispensable à la définition de la taille ou de l'âge de première maturation sexuelle,

- l'étude des cycles saisonniers de reproduction ne doit prendre en compte que des individus de taille supérieure à la taille de première maturation sexuelle et s'affranchir des stades juvéniles,

- la fécondité ne peut être étudiée que pendant la saison de reproduction.

2.1- Comportement associés à la reproduction

Pour les tilapias, les schémas comportementaux ultérieurs à la ponte qui caractérisent respectivement les pondeurs sur substrat (genre *Tilapia*) et les incubateurs buccaux (genres *Oreochromis* et *Sarotherodon*) ont été décrits et discutés par de nombreux auteurs (Lowe-McConnell, 1959; Ruwet *et al.*, 1976; Perrone et Zaret, 1979). Les soins parentaux prodigués aux oeufs et aux alevins limitent efficacement la prédation et contribuent grandement à l'efficacité de la reproduction de ces espèces.

- Au moment de la ponte, *T. guineensis* édifie un nid, construit par prélèvement buccal du sédiment qui est recraché alentour. Ces nids revêtent un aspect variable selon la nature du substrat sur lequel ils sont établis. Sur fond de sable, ils se présentent sous la forme d'une cuvette, alors que sur un substrat plus ferme (sablo-vaseux) ils se compliquent par le creusement de galeries qui s'enfoncent dans le sédiment. Dans les enclos, ces galeries peuvent atteindre des dimensions impressionnantes (jusqu'à 1 m), ce qui limite les possibilités de culture de *T. guineensis* dans cette structure d'élevage (Legendre, 1983a). Lorsque le substrat ne se prête pas à la construction d'un nid, en bassins par exemple, les oeufs sont alors simplement déposés sur les parois du bac auxquelles ils adhèrent. Les alevins sont encore protégés au niveau du nid pendant quelques jours après la fin de la résorption vitelline, celle-ci intervenant 4 à 5 jours après l'éclosion.

- Lors de la reproduction, *S. melanotheron* ne pratique que de petites dépressions à la surface du sédiment, dans lesquelles les oeufs sont déposés et fécondés, avant d'être rapidement repris en bouche par le mâle (Aronson, 1949). L'éclosion des oeufs a lieu dans la cavité buccale et ce n'est qu'après résorption complète de la vésicule vitelline que ce comportement de protection parentale s'achève; les alevins deviennent alors définitivement autonomes. La durée du développement varie avec la température : à 29°C, l'éclosion et la fin de la résorption vitelline interviennent respectivement environ 6 et 14 jours après la fécondation (Shaw et Aronson, 1954; Shaw, 1956).

A notre connaissance, le comportement de *H. longifilis* lors de la formation des couples et de la ponte n'a pas été décrit. Toutefois, la similitude de taille et de forme des oeufs (munis d'un large disque adhésif leur permettant de se fixer au substrat) observées pour *H. longiflis* et *C. gariepinus* (Legendre et Teugels, 1991*), laisse également supposer un comportement général voisin pour les deux espèces lors de la reproduction. Une étude détaillée du comportement de ponte de *C. gariepinus*,

réalisée en aquarium après stimulation hormonale (Van der Wall, 1974) a clairement montré que durant l'accouplement, les oeufs sont émis par groupes de quelques centaines et sont dispersés sur une grande surface par de vigoureux mouvements de queue de la femelle. Contrairement aux clariidés asiatiques *(C. batrachus* et *C. macrocephalus)*, les espèces africaines ne présentent pas de comportement parental (Bruton, 1979). L'éclosion des oeufs de *H. longifilis* et de *C. gariepinus intervient moins de 24 h après la fécondation (à 29°C) et les larves résorbent leur vésicule vitelline en 2 jours environ* (Bruton, 1979; Legendre et Teugels, 1991*).

2.2- Structure et dynamique des gonades

Pour les femelles de tilapias lagunaires, une échelle de maturation sexuelle a été utilisée pour la détermination rapide des stades sexuels par examen macroscopique. Elle a été établie après caractérisation de chaque stade par le rapport gonado-somatique (RGS), la distribution de fréquence en taille des ovocytes et l'examen histologique des gonades. Cette échelle, valable pour les deux espèces, comporte 7 stades. A chacun de ces stades sexuels correspond une distribution caractéristique dans la fréquence en taille des ovocytes (fig. 7).

Le stade 1 (non représenté sur la figure) correspond aux individus complètement immatures.

Le stade 2 est caractérisé par l'individualisation d'un groupe d'ovocytes de petit diamètre en prévitellogenèse.

Au stade 3, la croissance ovocytaire s'amorce véritablement avec l'entrée d'une partie des ovocytes en phase de vitellogenèse (incorporation de la vitellogénine).

Le stade 4 est caractérisé par une nette séparation du groupe modal d'ovocytes de diamètre le plus avancé du reste de la population ovocytaire. Ce groupe modal correspond aux ovocytes qui seront émis à la prochaine ponte, leur dénombrement permet d'estimer la fécondité. A ce stade, les RGS les plus élevés atteignent 9 % chez *S. melanotheron* et 13 % chez *T. guineensis*.

Le stade 5, très fugace, correspond à l'ovulation.

Les stades 6-2 et 6-3 sont consécutifs à la ponte et se distinguent principalement des stades 2 et 3 par la présence dans l'ovaire d'un petit nombre de gros ovocytes résiduels (non ovulés) en atrésie.

Chez *S. melanotheron* et *T. guineensis*, comme pour les autres espèces de tilapias étudiés (voir pour revue, Jalabert et Zohar, 1982; Legendre et Jalabert, 1988), les femelles une fois parvenues à maturité sexuelle effectuent des cycles de reproduction successifs à intervalle de quelques semaines. *La vitellogenèse peut être extrêmement rapide. Des observations réalisées sur des couples isolés de S. melanotheron* ont en effet montré que l'intervalle de temps séparant deux pontes successives peut ne pas excéder 6 jours (Legendre et Trébaol, 1991*).

En enclos lagunaire ou en bassins alimentés en eau de lagune, les femelles de *H. longifilis* présentent en permanence des ovaires développés, la ponte n'ayant pas lieu naturellement dans ces

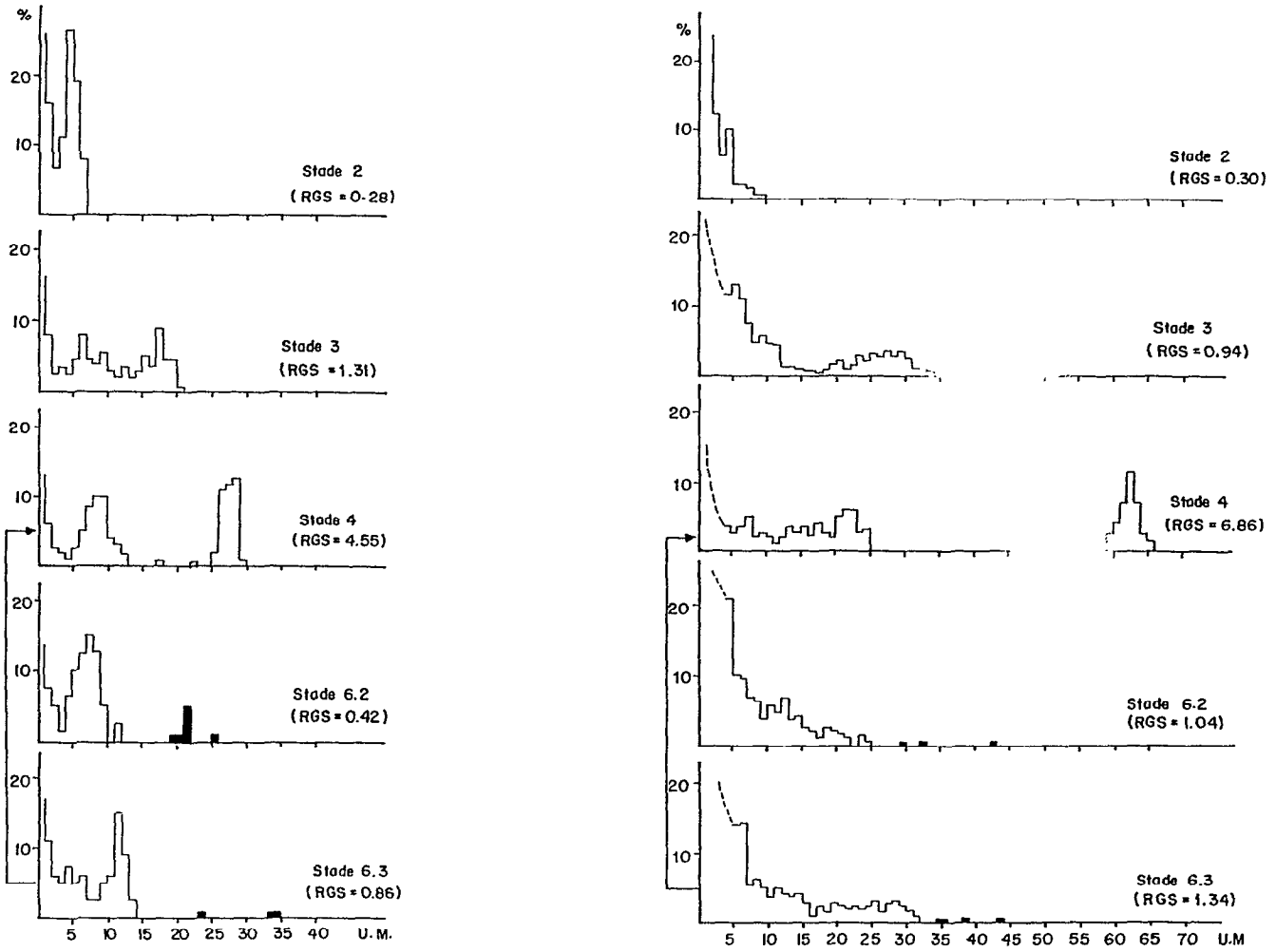


Figure 7 : Distribution de fréquence des diamètres ovocytaires pour les différents stades de maturation sexuelle chez *T. guineensis* (à gauche) et chez *S. melanotheron* (à droite).
U.M., unités micrométriq.. x 20). En noir: ovocytes en atrésie.

structures. Une échelle de maturation précise, peu utile dans ces conditions, n'a donc pas été établie pour cette espèce. L'évolution de la distribution de fréquence en taille des ovocytes avec l'augmentation des RGS (fig. 8) et les observations histologiques (Legendre *et al.*, 1992*) montrent le caractère asynchrone de la croissance ovocytaire. A mesure que le RGS augmente, une vague d'ovocytes se développe pour atteindre un diamètre maximal de l'ordre de 1,5 mm. Les ovocytes les plus petits poursuivent leur croissance et s'accumulent progressivement pour constituer un important groupe d'ovocytes à un stade de fin de vitellogenèse. Cette accumulation d'ovocytes se traduit par une forte augmentation du RGS, qui peut atteindre jusqu'à 20 %. Cette situation est donc bien distincte de celle observée chez les tilapias, puisque le groupe des ovocytes en fin de vitellogenèse ne s'individualise jamais du reste de la population ovocytaire. Pour *C. gariepinus*, dont l'ovaire présente une dynamique similaire à celle de *H. longifilis*, Richter et Van Den Hurk (1982) indiquent que ce groupe d'ovocytes de diamètre avancé est en permanence alimenté par de nouveaux ovocytes en croissance et délesté par l'atrésie d'une partie d'entre eux.

La figure 8 montre par ailleurs qu'après ovulation provoquée par traitement hormonal et collecte des ovules par massage de l'ovaire, la grande majorité des ovocytes constituant le mode de plus grand diamètre ont été émis. Des observations préliminaires (Otémé, comm. pers.), indiquent que la reconstitution complète du stock d'ovocytes postvitellogéniques s'effectuerait dans un délai de trois à quatre semaines suivant l'induction de la ponte pour les individus maintenus en enclos. Les méthodes d'induction de la ponte chez *H. longifilis* sont présentées dans la section 3.

Pour les mâles des trois espèces étudiées, les observations ont été beaucoup plus restreintes et la caractérisation du stade de maturité sexuelle s'est le plus souvent limitée à constater la présence ou l'absence de sperme intratesticulaire. Les RGS des mâles spermiants sont toujours faibles chez ces trois espèces. Ils se situent généralement aux alentours de 0,5 % et ne dépassent que rarement 1 %. Le RGS des mâles de *S. melanotheron* est particulièrement réduit avec des valeurs généralement inférieures à 0,2 %, ce qui confirme les observations de Peters (1971).

2.3- La première maturation sexuelle

La première maturation sexuelle est ici caractérisée par la longueur, le poids ou l'âge auxquels 50 % des individus se trouvent à un stade avancé de leur premier cycle sexuel. Pour les cichlidés, les femelles considérées comme matures sont celles dont les ovaires présentent un stade supérieur ou égal au stade 3 de l'échelle de maturation sexuelle. Pour les femelles de clariidés, la maturité sexuelle a été assimilée à la présence d'ovocytes à un stade de vitellogenèse avancée dans les ovaires. Dans tous les cas, la présence de sperme intratesticulaire a servi de critère de maturité sexuelle chez les mâles.

Les résultats sont détaillés par Legendre et Ecoutin (1989* et 1991*) pour les tilapias lagunaires et par Legendre *et al.* (1991a*) pour les clariidés. De manière à faciliter les comparaisons, ils sont ici exprimés en âge ou poids à la première maturation pour toutes les espèces.

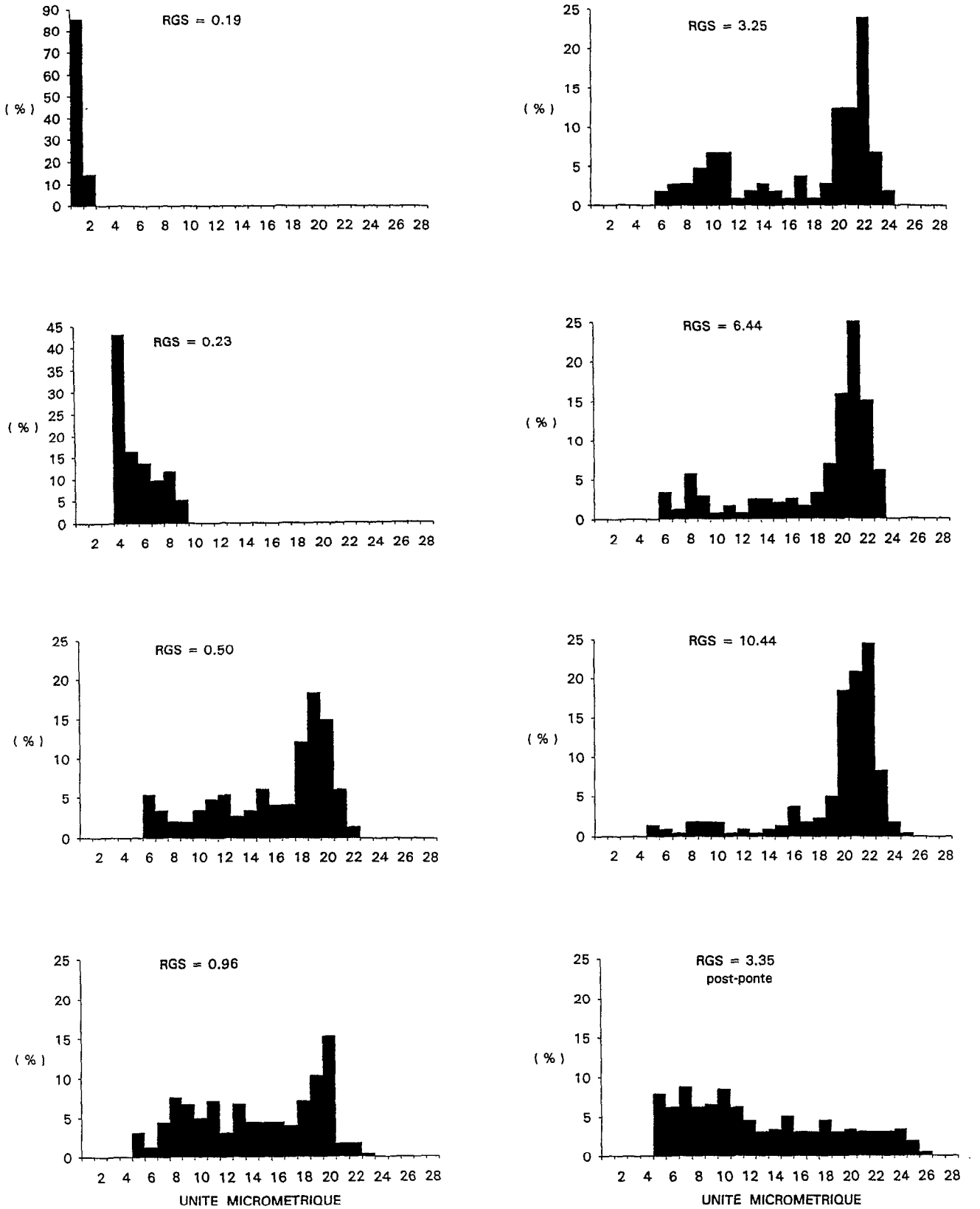


Figure 8 : Distribution de fréquence des diamètres ovocytaires en fonction du RGS chez *H. longifilis*.
"post ponte": cas d'une femelle dont les ovules ont été préalablement collectés par massage des ovaires après induction hormonale de l'ovulation.

Il est bien connu qu'en élevage, les tilapias tendent à se reproduire plus précocément et à une taille plus réduite que dans le milieu naturel (Lowe-McConnell, 1982). Cette aptitude contribue au succès de leur reproduction, mais constitue un sérieux problème en pisciculture lorsque la prolifération d'alevins, et les compétitions alimentaires en résultant, conduisent à la production de populations de poissons de petite taille à faible valeur marchande (Legendre et Jalabert, 1988).

Les tilapias lagunaires ne font pas exception à ce schéma général. En élevage en enclos ou en cage-enclos, la maturation sexuelle des femelles et des mâles s'effectue à l'âge de 6 à 8 mois (50 g environ) et de 7 à 9 mois (60 g environ), pour *S. melanotheron* et *T. guineensis* respectivement. En milieu naturel (lagune Ebrié), la première maturité intervient à un poids d'environ 130 g chez *S. melanotheron* et de 85 g chez *T. guineensis*. Du fait de l'absence de données sur la croissance de ces espèces en lagune, il n'est pas possible de déterminer si les écarts constatés dans les tailles de première maturation correspondent à une différence de croissance ou d'âge des poissons. Eyeson (1983) rapporte toutefois qu'en conditions d'élevage confiné, *S. melanotheron* peut être sexuellement actif dès l'âge de 4 mois, à un poids inférieur à 10 g. Un point intéressant est l'observation pour *S. melanotheron*, élevé cette fois en acadja-enclos(1), d'un poids à la maturation (120 à 140 g) voisin de celui observé en milieu naturel. Ce résultat indique que ni la captivité sur le site particulier de Layo, ni l'espace vital disponible (en terme de volume de lagune enclose) ne peuvent être considérés comme des facteurs responsables de l'abaissement important de la taille (ou du poids) de première maturité observé en enclos. Une assez bonne concordance entre faible condition des poissons et taille de première maturation réduite est en revanche observée (voir Legendre et Ecoutin, 1991*). Ceci suggère une incidence trophique dans le déterminisme de la maturation sexuelle, mais ne signifie pas que l'alimentation soit le seul facteur important.

Les élevages en bassins réalisés à Layo ont montré que les femelles de *C. gariepinus* atteignent la maturité sexuelle à un poids de 100-200g et un âge de 5-7 mois, ce qui rejoint les observations de Richter *et al.* (1982). Chez *H. longifilis*, les femelles parviennent à maturité plus tardivement, à l'âge de 12-14 mois. Les mâles sont plus précoces et maturent vers leur 10-11ème mois. Il est à noter que pour cette espèce, si l'âge de première maturation apparaît peu variable, le poids correspondant peut fluctuer fortement (de 250 g à plus de 1 000 g) en fonction des conditions plus ou moins favorables des élevages. Ces résultats suggèrent que, chez *H. longifilis*, l'âge pourrait être plus important que la taille dans l'occurence de la première maturation sexuelle.

Pour certaines populations naturelles de *H. longifilis*, la maturation sexuelle apparaît cependant plus tardive. Elle interviendrait à l'âge de 2 ans dans le Niger moyen (Motwani, 1970) et pas avant 3 à 4 ans dans l'Oubangui (Micha, 1973). La plupart des populations naturelles de *C. gariepinus* étudiées atteignent également la maturité sexuelle au cours de leur deuxième année (Richter, 1976; Bruton, 1979).

---

(1) Structure d'élevage extensif dont le principe est détaillé en section 4.1

D'un point de vue aquacole, il apparaît que dans nos conditions expérimentales et parmi les quatre espèces étudiées, seul *H. longifilis* atteint une taille suffisante pour être favorablement commercialisé avant d'entrer en maturation sexuelle.

2.4- Les cycles saisonniers

En lagune Ebrié, *S. melanotheron* et *T. guineensis* se reproduisent sans interruption tout au long de l'année, que ce soit dans les conditions naturelles ou en élevage. Dans chaque situation, on observe en effet des femelles à tous les stades de maturation sexuelle dans les échantillons prélevés mensuellement, avec une proportion toujours importante (40 à 90 %) d'individus en maturation avancée.

Des variations saisonnières dans l'intensité de l'activité sexuelle sont toutefois observées pour les deux espèces. Elles sont plus marquées sur le site de Layo, où l'hydroclimat est plus instable que dans les autres secteurs lagunaires étudiés (situés à l'ouest de l'Agnéby). A Layo, la proportion d'individus en maturation, le RGS moyen et la fréquence des pontes sont plus faibles en saison des pluies qu'en saison sèche (Legendre et Ecoutin, 1989*). Les observations réalisées en 1984 montrent, pour ces espèces, une remarquable correspondance entre les variations saisonnières de la fréquence des pontes (fig. 5 *in* Legendre et Ecoutin, 1989*) et celles de la température de la lagune (fig. 4). Il est en outre à noter que l'augmentation de la fréquence des pontes qui intervient après la saison des pluies (en septembre-octobre), simultanément à l'élévation de la température, s'effectue alors que la salinité et la transparence de l'eau restent à leurs niveaux les plus faibles.

L'évolution saisonnière du RGS (fig. 5 *in* Legendre *et al.*, 1992*) et la présence permanente d'ovocytes postvitellogéniques dans les gonades (Legendre, 1986b*) montrent que, une fois parvenues à maturité sexuelle, les femelles de *H. longifilis* sont toute l'année en état de se reproduire dans les conditions d'élevage pratiquées à Layo. Mais, contrairement aux tilapias, la ponte ne se produit pas spontanément dans ces structures d'élevage. Des variations saisonnières dans l'intensité de l'activité sexuelle des femelles de *H. longifilis* sont mises en évidence par une nette dimution du RGS moyen au mois de janvier, en début de saison sèche (fig. 5 *in* Legendre *et al.*, 1992*). Les mâles sont spermiants tout au long de l'année, mais le RGS et le volume de sperme intratesticulaire tendent également à être légèrement plus élevés en début de saison des pluies (mai-juin) qu'en début de saison sèche (janvier-février). On sait en outre que la saison des pluies correspond à la saison de reproduction privilégiée de *H. longifilis* en milieu naturel (Micha, 1973).

2.5- Fécondité

En liaison avec le degré d'élaboration des soins parentaux prodigués aux oeufs et aux alevins, l'ordre de grandeur de la fécondité (nombre d'oeufs émis à chaque ponte) varie d'un facteur 10

entre les trois espèces étudiées : quelques centaines chez *S. melanotheron*, quelques milliers chez *T. guineensis* et quelques centaines de milliers chez *H. longifilis*. Comme chez la plupart des autres téléostéens (Bagenal, 1978), la fécondité de ces poissons augmente linéairement avec le poids des femelles, selon les relations qui ont été décrites par legendre (1986b*) et Legendre et Ecoutin (1989*).

Des variations saisonnières de la fécondité sont observées tant pour les tilapias que pour *Heterobranchus*, et permettent de préciser les observations précédentes attestant de fluctuations saisonnières dans l'intensité de l'activité sexuelle pour ces espèces en lagune Ebrié.

Pour les deux espèces de tilapias, la fécondité relative est en moyenne plus élevée en fin de saison sèche (de février à avril) que pendant la saison des pluies (de juin à août). Sur le site de Layo où les différences sont les plus marquées, la fécondité relative moyenne passe, entre la saison pluvieuse et la saison sèche, de 2 900 à 4 600 oeufs par kg de femelle pour *S. melanotheron* et de 30 000 à 47 000 oeufs par kg de femelles pour *T. guineensis*.

Cependant, il doit être souligné que, pour ces espèces, la fécondité relative ne constitue pas un très bon indice de comparaison. En effet, chez *S. melanotheron* comme chez *T. guineensis*, ce paramètre reste dépendant de la taille du poisson et lui est lié par une relation significative de la forme $y = ax^b$, avec $b < 0$. L'utilisation des résidus (écarts entre fécondités relatives observées pour chaque individu et valeurs de fécondités relatives calculées par le modèle), qui sont indépendants du poids corporel, a permis de s'affranchir de ce problème. L'analyse de la distribution mensuelle des résidus autour de leur valeur moyenne a confirmé de manière certaine l'existence de variations saisonnières de la fécondité pour ces deux tilapias en lagune Ebrié : les résidus sont toujours supérieurs à la moyenne en saison sèche et inférieurs à celle-ci en saison des pluies, quels que soient l'espèce ou le milieu d'origine considérés (milieu naturel ou élevage).

Chez *H. longifilis*, les variations saisonnières de fécondité ont été analysées à partir des quantités d'ovules collectés après induction hormonale de l'ovulation (voir section 3). Contrairement au cas des tilapias lagunaires, aucune relation entre la fécondité relative et le poids corporel des femelles n'a été observée pour les géniteurs de poids compris entre 1 et 6 kg élevés en enclos, et ceci quelle que soit la saison. Ce paramètre permet donc, pour cette espèce, des comparaisons directes.

L'échantillon étudié ici comporte 90 femelles dont l'ovulation a été provoquée entre 1984 et 1989. La figure 9, qui regroupe l'ensemble des données obtenues sur ces 6 années, montre que la fécondité relative est minimale au début de la saison sèche (décembre à février; 28 000 $\pm$ 5 000) et maximale au coeur de la grande saison des pluies (mai à juillet; 68 000 $\pm$ 7 000). L'analyse de ces résultats année par année montre toujours la même évolution (voir Legendre 1986b*, pour exemple).

La baisse de la fécondité relative observée en début de saison sèche, qui s'accompagne d'une élévation de la proportion d'ovocytes en atrésie, semble pouvoir être attribuée à l'augmentation de la température de l'eau en octobre-novembre (Legendre, 1986b*). Il apparaît toutefois que la fécondité augmente à nouveau en fin de saison sèche (mars-avril) à un moment où la température de l'eau est encore à son maximum. Ceci suggère que ce n'est pas tant la valeur de la température qui serait importante que sa variation. En outre, la pluviométrie, minimale en décembre-janvier, reprend en

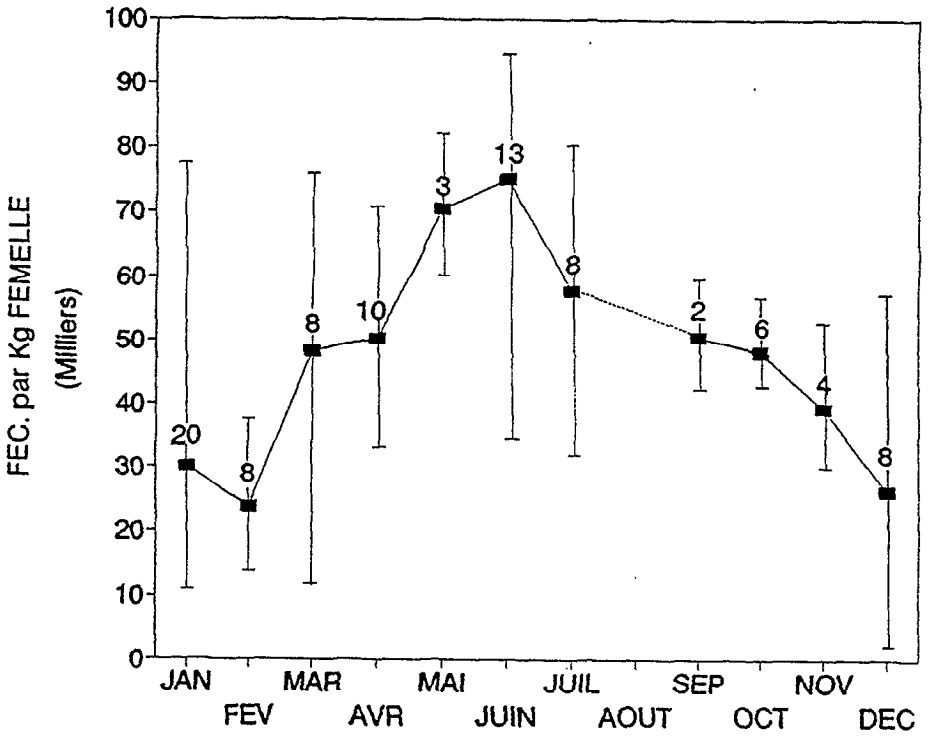


Figure 9 : Evolution saisonnière moyenne de la fécondité relative pour les femelles de *H. longifilis* élevées en enclos lagunaire (période 1984-1989). Les effectifs observés sont indiqués. Les barres verticales correspondent aux écarts entre valeurs extrêmes.

mars-avril simultanément à l'augmentation de la fécondité des femelles. Ces premières pluies de mars-avril, annonciatrices de la saison des pluies à venir, pourraient constituer un stimulus important dans la reprise de la gamétogenèse de *H. longifilis*. Si l'évolution saisonnière de la fécondité semble pouvoir être expliquée par une action combinée de la température et des précipitations, la maturité sexuelle de cette espèce paraît au contraire peu dépendante des variations de salinité dans la gamme observée sur le site de Layo (entre 0 et 10 $g.l^{-1}$). La baisse de fécondité correspondant au début de la grande saison sèche peut intervenir alors que la salinité est encore très faible (moins de 2 $g.l^{-1}$). A l'inverse, la reconstitution du stock des ovocytes postvitellogéniques s'opère au moment où la salinité est maximale.

Il est intéressant de noter que pour *Chrysichthys nigrodigitatus* qui est également une espèce d'origine continentale mais considérée comme plus estuarienne que *H. longifilis* (Albaret, 1991), une salinité supérieure à 7 $g.l^{-1}$ induit l'atrésie des ovocytes (Hem *et al.*, 1991).

2.6- Les réponses adaptatives

La reproduction des tilapias lagunaires a été étudiée à partir de différentes populations, toutes originaires de la lagune Ebrié, placées dans des situations environnementales bien distinctes (milieu naturel, élevage intensif en enclos, élevage extensif en acadja-enclos). Les résultats ont été présentés et discutés par Legendre et Ecoutin (1989* et 1991*), ils ne seront ici que résumés.

Des modifications importantes sont mises en évidence dans les principales caractéristiques de la reproduction - taille de première maturation, fécondité et poids des ovocytes - pour les deux tilapias lagunaires, en fonction de l'environnement dans lequel ils sont placés. En élevage intensif (basé sur une alimentation composée), les deux espèces parviennent à maturité à une taille inférieure, et produisent des ovocytes plus petits et plus nombreux que dans le milieu naturel. En acadja-enclos, où les conditions sont intermédiaires entre celles de l'élevage intensif et celles du milieu naturel, une situation intermédiaire est aussi observée pour la fécondité et la taille des ovocytes produits par *S. melanotheron*, mais la taille de première maturation reste voisine de celle rencontrée en milieu naturel.

Les relations entre poids de ponte (fécondité x poids moyen d'ovocyte) et poids de femelle sont en revanche remarquablement inchangées quelle que soit l'origine des poissons. Ce résultat suggère que la quantité de matière élaborée au cours d'un cycle de reproduction (évaluée par le poids de ponte) est une constante spécifique qui pourrait être déterminée génétiquement, l'environnement intervenant sur la manière dont est divisé le matériel gonadique : oeufs petits et nombreux ou gros mais peu nombreux.

La nature des facteurs de l'environnement susceptibles d'être à l'origine de ces réponses adaptatives est variée. Un rôle possible de l'alimentation, de l'organisation spatiale du milieu (espace vide ou aménagé) et des perturbations anthropiques (fréquence de pêche par exemple) a notamment été évoqué par Legendre et Ecoutin (1991*). Toutefois, compte tenu de l'aspect global des

comparaisons effectuées, il n'est pas possible de trancher et une approche expérimentale permettant de séparer l'influence respective de ces différents facteurs serait nécessaire.

Il est intéressant de remarquer que le poids de ponte, à poids de femelle équivalent, n'est pas constant chez *H. longifilis*. En effet, les variations saisonnières de la fécondité ne sont pas compensées, comme chez les tilapias, par une variation en sens inverse du poids des ovocytes. De ce fait, le poids total d'ovocytes produits s'avère beaucoup plus faible en début de saison sèche qu'en saison des pluies. La situation, pour cette espèce dont la ponte ne se produit pas spontanément en captivité, n'est cependant pas directement comparable à celle des tilapias. Chez *H. longifilis*, qui, en élevage, entretient en permanence un stock d'ovocytes postvitellogéniques, les variations saisonnières de fécondité (et du poids des "pontes") résultent vraisemblablement de l'importance relative de deux composantes : le recrutement des ovocytes qui renforcent ce stock et les atrésies qui le réduisent. Pour cette espèce, des observations seraient encore nécessaires pour préciser le mode de fonctionnement de la gonade dans des conditions où l'ovulation puis l'oviposition se produisent spontanément.

2.7- Conclusions

S. melanotheron, *T. guineensis* et *H. longifilis* sont trois espèces sexuellement actives tout au long de l'année en lagune Ebrié.

La dynamique des ovaires séparent nettement les deux groupes d'espèces. Pour les tilapias lagunaires, la croissance des ovocytes s'effectue par vagues successives et rapprochées, alors que pour *H. longifilis* (de même que pour *C. gariepinus*) la croissance des ovocytes est asynchrone, tous les stades de développement ovocytaires étant présents simultanément et en permanence dans les ovaires des femelles matures maintenues en captivité.

Les variations saisonnières dans l'intensité de l'activité sexuelle montrent également une évolution différente selon les espèces. Pour les tilapias, espèces estuariennes types, la proportion d'invidus matures, le RGS moyen, la fécondité relative et la fréquence des pontes sont plus élevés en saison sèche qu'en saison des pluies. A l'inverse, chez *H. longifilis*, classé parmi les formes "continentales-estuariennes" par Albaret (1991), la fécondité relative est maximale en saison des pluies et minimale en début de saison sèche. Si dans les deux cas l'opposition saison séche/saison des pluies paraît bien établie, l'identification de la nature et du rôle des différents facteurs physicochimiques impliqués dans les réponses observées demeure délicate du fait de leur variation généralement simultanée dans le milieu. On notera cependant que, pour les deux groupes d'espèces étudiées, la température et/ou la pluviométrie apparaissent comme des facteurs de régulation importants, alors que, dans la gamme de variation observée (0 à 10 $g.l^{-1}$), la salinité du milieu n'a que peu ou pas d'incidence sur le déroulement de la gamétogenèse.

Une question qui se pose pour *H. longifilis* est : pourquoi la maturation des gonades est-elle continue pour les individus élevés en lagune, alors qu'elle apparaît au contraire très saisonnière dans les conditions naturelles où elle a été étudiée (Micha, 1973)? Dans l'état actuel des

connaissances, la réponse n'est, bien sûr, pas évidente. Mais on peut penser qu'une alimentation en permanence de qualité/quantité satisfaisante et que la relative stabilité des conditions lagunaires (à Layo), en comparaison de cours d'eau soumis à de fortes crues saisonnières (cas de l'Oubangui), pourraient en être au moins en partie responsables. Chez *C. gariepinus*, on sait que les conditions nécessaires pour une maturation continue des femelles tout au long de l'année sont une température constamment élevée (25 °C ou plus), la présence de mâles de la même espèce et une alimentation abondante; la photopériode apparaît en revanche sans influence (Richter *et al.*, 1987).

Pour les tilapias, d'importantes modifications sont en outre observées dans la taille de première maturation sexuelle, la fécondité et la taille des ovocytes selon l'environnement dans lequel les poissons évoluent. La nature et le rôle des facteurs à l'origine de ces réponses adaptatives ne sont pas connus avec précision, bien que l'importance probable de certains d'entre eux ait pu être évoquée. Une approche expérimentale plus approfondie s'avère encore nécessaire et pourrait grandement contribuer à la compréhension des stratégies adaptatives développées par ces espèces. Outre son intérêt cognitif, cette démarche pourrait à terme conduire à d'importantes retombées pratiques pour la conduite des élevages, grâce à une meilleure compréhension de l'influence des facteurs externes sur la fécondité, la fréquence des pontes et l'apparition de la première maturité sexuelle.

3- LE CONTROLE DE LA REPRODUCTION EN CAPTIVITE

L'approvisionnement des élevages en alevins et juvéniles constitue encore un véritable goulet d'étranglement pour de nombreuses espèces d'intérêt aquacole qui ne se reproduisent pas spontanément en captivité.

La collecte de juvéniles dans le milieu naturel est une alternative qui peut permettre de surmonter cet obstacle. Les élevages du milkfish (*Chanos chanos*) en Asie du Sud-Est et de la sériole (*Seriola quinqueradiata*) au Japon, espèces d'une importance majeure en regard de la production aquacole mondiale, sont basés de manière quasi-exclusive sur ce mode d'approvisionnement. Cette méthode présente cependant de nombreux désavantages :

- elle revêt un caractère aléatoire fonction de la variabilité interannuelle des captures. Pour certaines espèces, elle peut être tout simplement inenvisageable du fait de la rareté ou de la dispersion des juvéniles dans le milieu;

- les juvéniles de plusieurs espèces de performance inégales sont souvent capturés en mélange et ne peuvent être triés que très difficilement;

- les prélèvements en juvéniles peuvent, dans certains cas, conduire avec le développement des élevages à un appauvrissement des stocks naturels;

- enfin, elle n'autorise aucune possibilité d'amélioration génétique (sélection, gynogenèse, hybridation).

Dans la plupart des cas, il paraît donc souhaitable, sinon nécessaire, de s'affranchir des ressources naturelles et de maîtriser la production d'alevins et de juvéniles dans les conditions de l'élevage. Ceci sous-entend deux étapes successives :

- le contrôle de la reproduction en elle-même, qui correspond à l'obtention, en quantité suffisante, d'oeufs et de larves jusqu'au stade de l'épuisement des réserves vitellines;

- le succès de l'élevage larvaire, après l'entrée des larves en phase trophique.

Cette seconde étape n'est pas indépendante de la stratégie de reproduction de l'espèce et de la taille de ses oeufs. Les petites larves, issues d'oeufs de petite taille, sont celles qui posent les plus grands problèmes en élevage. Leurs exigences physiologiques, et notamment alimentaires, sont généralement mal connues et difficiles à satisfaire (Reay, 1984).

H. longiflis, qui ne se reproduit pas spontanément dans les structures d'élevage de la station de Layo, entre bien dans le cadre de la démarche générale exposée ci-dessus. Pour cette espèce, des méthodes d'induction hormonale de la maturation ovocytaire et de l'ovulation, de fécondation artificielle et d'incubation des oeufs ont été développées et sont ici présentées. Les questions relatives à l'élevage et à l'alimentation des larves seront abordées dans la section 4.

Les problèmes posés par la reproduction des tilapias sont en revanche bien différents et revêtent deux aspects opposés.

- D'un côté, l'efficacité précoce de leur reproduction en élevage (à une taille très inférieure à leur taille d'exploitation commerciale) peut conduire à une rapide surpopulation avec une tendance au nanisme. Dans ce cas, le contrôle de la reproduction consiste à empêcher complètement la production d'alevins pour améliorer la croissance. Deux voies sont généralement empruntées pour atteindre cet objectif : l'utilisation de prédateurs associés et la pratique de l'élevage monosexe mâle (Balarin et Hatton, 1979; Wolfarth et Hulata, 1981; Baroiller et Jalabert, 1989; Lazard, 1990). L'obtention de populations uniquement composées de mâles, dont le potentiel de croissance est supérieur à celui des femelles chez tous les tilapias étudiés, peut elle même se faire par trois procédés principaux : le sexage manuel et l'éviction des femelles, la production d'hybrides monosexes à partir de certains croisements interspécifiques et l'inversion sexuelle des alevins par traitements hormonaux. Cette dernière approche, qui comporte également plusieurs variantes, est actuellement jugée comme la plus efficace (Baroiller et Jalabert, 1989). Mais, sur le terrain de la pisciculture artisanale africaine, la combinaison du sexage manuel et de l'utilisation d'un prédateur associé (pour compenser les erreurs de sexage) reste encore la plus utilisée car la plus simple à mettre en oeuvre (Copin et Oswald, 1988; Lazard, 1990).

- D'un autre côté, la production massive d'alevins, d'âge et de taille calibrés, est hautement désirable en amont d'une pisciculture à grande échelle de ces espèces. Ceci se heurte principalement à deux problèmes. D'une part, l'absence relative de synchronisation des pontes qui conduit à une production continue d'alevins de tailles variées au sein d'une même population et, d'autre part, la faible

fécondité par ponte unitaire pour les espèces retenues (*Oreochromis, Sarotherodon*), qui oblige à l'entretien et à la gestion d'un stock de géniteurs d'effectif important.

A ce jour, aucune méthode n'a été développée avec succès pour la synchronisation des pontes chez les tilapias. De nouvelles voies d'approche, passant par une meilleure compréhension des mécanismes physiologiques associés au comportement reproducteur de ces espèces, sont toutefois envisagées (Baroiller et Jalabert, 1989).

Pour minimiser le problème de la faible fécondité et parvenir à une production optimale d'alevins, des méthodes de gestion efficace des stocks de géniteurs doivent être développées pour chaque espèce en relation avec les particularités de leur comportement reproducteur.

Seul ce dernier aspect du contrôle de la reproduction des tilapias a été abordé dans le cadre des recherches menées sur les espèces lagunaires. Les études ont portées sur la fréquence des pontes et sur l'efficacité de l'incubation buccale chez *S. melanotheron* (cf infra).

Enfin, l'hybridation intergénérique entre *H. longifilis* et *Clarias gariepinus* est ici présentée comme une manipulation permise par le contrôle de la reproduction de ces espèces en captivité.

3.1- Gestion des géniteurs de tilapias lagunaires

Afin d'être en mesure de gérer la reproduction spontanée des tilapias, c'est à dire de pouvoir optimiser et planifier la production d'alevins, la prolificité des espèces doit être connue. Cette prolificité dépend, d'une part, du nombre d'alevins effectivement produit lors de chaque ponte et, d'autre part, de l'intervalle de temps séparant deux pontes successives.

Chez les incubateurs buccaux (*Oreochromis* et *Sarotherodon*), le nombre d'alevins issus de chaque ponte (fertilité) est lui même fonction de deux composantes, la fécondité des femelles et l'efficacité de l'incubation buccale.

La fécondité des femelles de *T. guineensis* et de *S. melanotheron* a été décrite précédemment (section 2.5). Les fréquences de ponte observées pour ces deux espèces et l'efficacité de l'incubation buccale (cas de *S. melanotheron*) ont été étudiées par Legendre et Ecoutin (1989*) et par Legendre et Trébaol (1991*). L'efficacité de l'incubation buccale est définie comme le rapport entre l'effectif incubé par les mâles et la fécondité des femelles.

Les résultats montrent que, pour *S. melanotheron*, l'efficacité de l'incubation buccale pratiquée par le mâle dépend du rapport des tailles du mâle et de la femelle.

Dans une population où les individus sont de taille hétérogène, l'appariement des couples entre mâles et femelles de tailles voisines semble constituer un préférundum. Ceci est mis en évidence par l'existence d'un parallélisme entre les droites de régression calculées, d'une part, entre l'effectif incubé (oeufs ou alevins) et le poids de mâle et, d'autre part, entre la fécondité et le poids de femelle. La reproduction entre mâles et femelles de tailles très différentes (du simple au double) est cependant tout à fait possible lorsque les couples sont isolés en bassins.

L'efficacité de l'incubation buccale est très amoindrie pour les mâles de moins de 150 g par rapport à celle des individus plus gros. Le volume buccal de ces petits individus est en effet très limité et permet à peine d'accueillir la totalité des oeufs produits par les plus petites femelles. Du fait de la contrainte physique que représente le volume buccal, l'efficacité de l'incubation est fortement améliorée lorsqu'une femelle s'accouple avec un mâle de taille supérieure. La mortalité des oeufs puis des alevins apparaît très réduite chez cette espèce pendant la phase d'incubation.

En pratique, pour la formation des familles de géniteurs, il est recommandé de ne pas utiliser de mâle de taille inférieure à 150 g et de toujours sélectionner des mâles plus gros que les femelles.

Sur l'ensemble du cycle annuel, l'intervalle de temps moyen séparant deux pontes successive est d'environ deux semaines chez *S. melanotheron* et d'environ trois semaines chez *T. guineensis*. La fréquence de ponte apparaît en outre remarquablement régulière chez *S. melanotheron* en comparaison de ce que l'on sait d'autres espèces de tilapias, telles que *O. niloticus* ou *O. vulcani* (Mires, 1982). Pour *S. melanotheron*, le sex ratio optimal à maintenir dans une famille de géniteurs est de 1:1.

Ces études ont par ailleurs permis d'obtenir une estimation précise de la fertilité annuelle de *S. melanotheron*. La capacité annuelle de reproduction est d'environ 23 000 oeufs ou alevins pour un couple où le mâle est plus gros (270 g) que la femelle (150 g). Cette production chute cependant à moins de 7 000 oeufs par an lorsque la femelle (240 g) est plus grosse que le mâle (120 g). Ces résultats illustrent bien l'importance des recommandations formulées ci-dessus concernant le rapport optimal des tailles des mâles et des femelles pour la constitution d'une famille de géniteurs.

3.2- Reproduction induite de *H. longifilis*

Nous avons vu que le développement des ovaires se réalise complètement pour les femelles de *H. longifilis* placées dans les conditions d'élevage de Layo mais que, ni la maturation finale des ovocytes, ni l'ovulation, n'interviennent spontanément. Cette situation est très courante chez les poissons et indique que l'activation du mécanisme ovulatoire nécessite des stimuli exogènes (présence d'un substrat de ponte, par exemple) qui sont, à la fois, distincts de ceux impliqués dans le processus de vitellogenèse et absents dans l'environnement d'élevage (Harvey et Hoar, 1980; Stacey, 1984; Legendre et Jalabert, 1988). Chez *C. gariepinus*, le stimulus final déclenchant la ponte paraît pouvoir être associé à une montée des eaux ou à la présence de zones fraichement inondées. En pisciculture, la simulation d'une crue dans des étangs préalablement asséchés ou peu profond à parfois été utilisée pour provoquer la ponte de *Clarias* (De Kimpe et Micha, 1974; Richter, 1976; Christensen, 1981). Cette méthode est toutefois de plus en plus délaissée en raison des faibles rendements obtenus en alevins.

En l'absence de ces stimuli, la décharge d'hormone gonadotrope (GtH), à l'origine des processus conduisant à la maturation ovocytaire puis à l'ovulation (Jalabert, 1976), ne se produit pas.

Les traitements hormonaux pratiquées en pisciculture ont pour but de simuler (hypophysation, injection d'hormones gonadotropes) ou de provoquer artificiellement (injection d'hormones hypothalamiques de synthèse : LH-RH) cette décharge endogène.

Pour induire la maturation ovocytaire et l'ovulation des femelles de *H. longifilis*, nous avons choisi d'utiliser la gonadotropine chorionique humaine (HCG). Le choix de cette hormone mammalienne peut paraître quelque peu rétrograde à l'heure où l'utilisation des analogues du LH-RH, plus spécifiques, tend à se banaliser en pisciculture; il doit cependant être replacé dans la logique du terrain. L'HCG, aisée à conserver et d'activité standardisée, peut être obtenue très facilement dans la plupart des pharmacies de Côte-d'Ivoire. En outre, compte tenu du succès enregistré avec cette hormone depuis 1984, lui rechercher un substitut n'est pas apparu prioritaire.

La reproduction de *H. longifilis* peut être obtenue en conditions semi-naturelles avec des couples isolés en bassin de grand volume contenant des îlots de végétation aquatique (Seka, 1984 et comm. pers.), mais les résultats paraissent aléatoires et conduisent à de grandes pertes d'oeufs. La reproduction induite et la fécondation artificielle sont donc préférables afin d'exercer un meilleur contrôle sur toutes les phases de la production des larves. Ces techniques sont à présent bien maîtrisées (Legendre, 1986b*; Slembrouck et Legendre, 1988).

Après selection des femelles sur la base d'un diamètre ovocytaire modal voisin de 1,5 mm, un taux de 100 % d'ovulation (sur plus de 120 femelles traitées) a jusqu'à présent été obtenu après une seule injection intramusculaire de HCG (dose comprise entre 1,0 et 2,5 UI.g^{-1}). La dose de 1,5 UI.g^{-1} est néanmoins recommandée pour une application en routine (Legendre, 1986b*). Le temps de latence (tl) entre l'injection et la collecte des ovocytes (prélevement par massage abdominal) varie avec la température de l'eau (T). Une analyse préliminaire, réalisée sur les 49 premières femelles traitées avec HCG, a montré qu'entre 26 et 31 °C le temps de latence peut être estimé à l'aide de la formule : $tl = 2{,}452.10^5\ T^{-2{,}94}$ (fig. 10). Par des suivis individuels répétés, Legendre et Otémé (1991*) ont confirmé la validité de cette relation et montré l'importance du respect des temps de latence ainsi définis. Les résultats indiquent en effet que, par rapport à ces temps de référence, une collecte anticipée de quelques heures, du fait d'une ovulation encore partielle, conduit à l'obtention d'un faible nombre d'ovules néanmoins de bonne qualité. A l'inverse, une collecte retardée se solde très rapidement (en 2 h) par une perte de qualité des ovules. Pour *H. longifilis*, le temps de latence optimal peut donc être défini comme le délai permettant d'obtenir le meilleur compromis entre la quantité et la qualité des ovules récoltés. Ce délai est d'environ 11 h à 30 °C et correspond approximativement à l'achèvement de l'ovulation.

Si l'HCG présente l'avantage d'être relativement peu chère et d'activité standardisée, il a été suggéré que, chez la carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix*), cette hormone puisse provoquer une réaction immunitaire la rendant inefficace après usages répétés sur les mêmes individus (Anon., 1977 a,b). Récemment, Van Der Kraak *et al.* (1989) ont toutefois démontré que cette absence d'ovulation chez les géniteurs "agés" ne pouvait être attribuée à la formation d'anticorps anti-HCG et que d'autres explications devaient être recherchées.

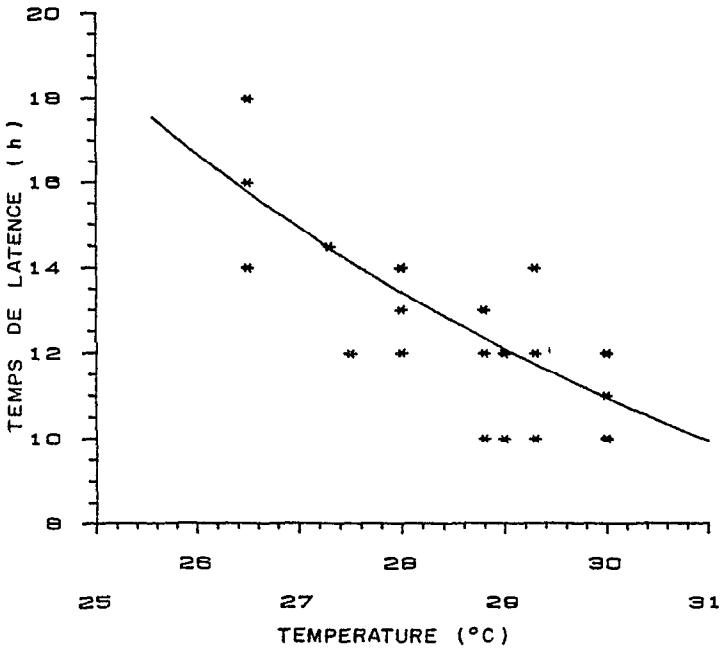


Figure 10 : Relation entre la température de l'eau (T) et le temps de latence (tl) après traitement avec HCG chez *H. longifilis* (N = 49; $tl = 2{,}452.10^{5}\ T^{-2{,}94}$; r = 0,794)

date	poids corporel (g)	Nb d'ovules collectés par kg de femelle	Larves normales %	Larves déformées %
24.04.84	2070	44.000	88.5	7.2
03.07.84	2420	56.000	95.8	1.7
06.12.84	3072	29.000	91.1	5.3
06.06.85	3532	87.000	/	/
17.10.85	3900	47.000	75.1	4.3

Tableau 2 : Nombre d'ovules collectés et pourcentages d'éclosion obtenus après induction répétée de l'ovulation avec HCG, chez une même femelle de *H. longifilis*, élevée en enclos lagunaire et identifiée par marquage.

Chez *H. longifilis*, le fait que l'ovulation ait été provoquée successivement à 2, 5, 6 et 4 mois d'intervalle chez une même femelle, montre qu'un même individu peut être reproduit au moins cinq fois de suite avec HCG, sans aucun inconvénient (tabl. 2). Ce résultat indique en outre qu'après le traitement hormonal une reprise rapide de l'ovogenèse s'effectue pour les femelles élevées en enclos. La fréquence minimale d'induction répétée de l'ovulation permettant de conserver un bon niveau de fécondité et de qualité des ovules est actuellement à l'étude. Les résultats préliminaires indiquent que 3 à 4 semaines pourraient être suffisantes pour une reconstitution complète du stock des ovocytes postvitellogéniques (Otémé, comm. pers.).

Contrairement aux ovules, le sperme ne peut être collecté par massage abdominal. Il est donc nécessaire de procéder au sacrifice des mâles, puis à la dissection et à l'incision des testicules pour recueillir le sperme. La quantité de semence ainsi obtenue, bien que variable selon les individus (0,5 à 25 ml), est généralement suffisante pour féconder plusieurs centaines de milliers d'ovules.

Sur 21 mâles examinés, la concentration en spermatozoïdes dans le sperme de *H. longifilis* est comprise entre $0{,}7.10^9$ et $9{,}7.10^9$ spz.ml^{-1}. Cette concentration apparaît d'autant plus faible que le volume de sperme intratesticulaire est élevé. En faisant varier le volume de sperme utilisé pour la fécondation d'un nombre fixé d'ovules, nous avons pu montrer qu'un minimum d'environ 50 000 spermatozoïdes par ovule sont nécessaires pour assurer une bonne fécondation (fig. 11). Ce chiffre est voisin de ceux rapportés pour la truite (Billard, 1975) ou la carpe (Billard *et al.*, 1986) pour lesquels des dilueurs d'insémination spécifiques ont été développés. Pour *H. longifilis*, les résultats indiquent qu'un mâle moyen, qui aurait fourni 10 ml de sperme avec une concentration de 3.10^9 spz.ml^{-1}, pourrait permettre d'assurer la fécondation d'environ 600 000 ovules. Le nombre de mâles nécessaires à une fécondation massive reste donc réduit. Toutefois, dans le cadre d'une écloserie de production à grande échelle, il sera souhaitable de pouvoir réduire encore le nombre de mâles à entretenir et d'éviter leur sacrifice. Ceci pourrait justifier, à l'avenir, le développement d'une technique de congélation du sperme pour cette espèce. Une autre voie d'approche, qui pourrait permettre de limiter le sacrifice des mâles, est celle de la stimulation hormonale. Van Der Waal (1985) indique que, environ 24 h après injection d'extraits hypophysaires homologues, il est possible de collecter quelques gouttes de sperme par massage abdominal chez le mâle de *C. gariepinus*. Cette méthode demanderait à être approfondie et testée chez *H. longifilis*.

Les limites de tolérance des oeufs de *H. longifilis* à la température et à la salinité ont été étudiées (Legendre, 1986b*; Legendre et Teugels, 1991*). L'optimum thermique pour l'incubation des oeufs se situe entre 25 et 29 °C; les températures de 21 °C et 36 °C étant léthales. Par ailleurs, aucune éclosion n'est obtenue lorsque l'incubation est effectuée dans une eau de salinité supérieure à 6 g.l^{-1} (aussi bien en eau de lagune qu'en eau de mer diluée). Ceci montre que, bien que capable d'y maturer sexuellement, *H. longifilis* ne peut pas se reproduire avec succès en milieu lagunaire mesohalin. De ce fait, il est préférable de toujours pratiquer l'incubation artificielle des oeufs en eau douce.

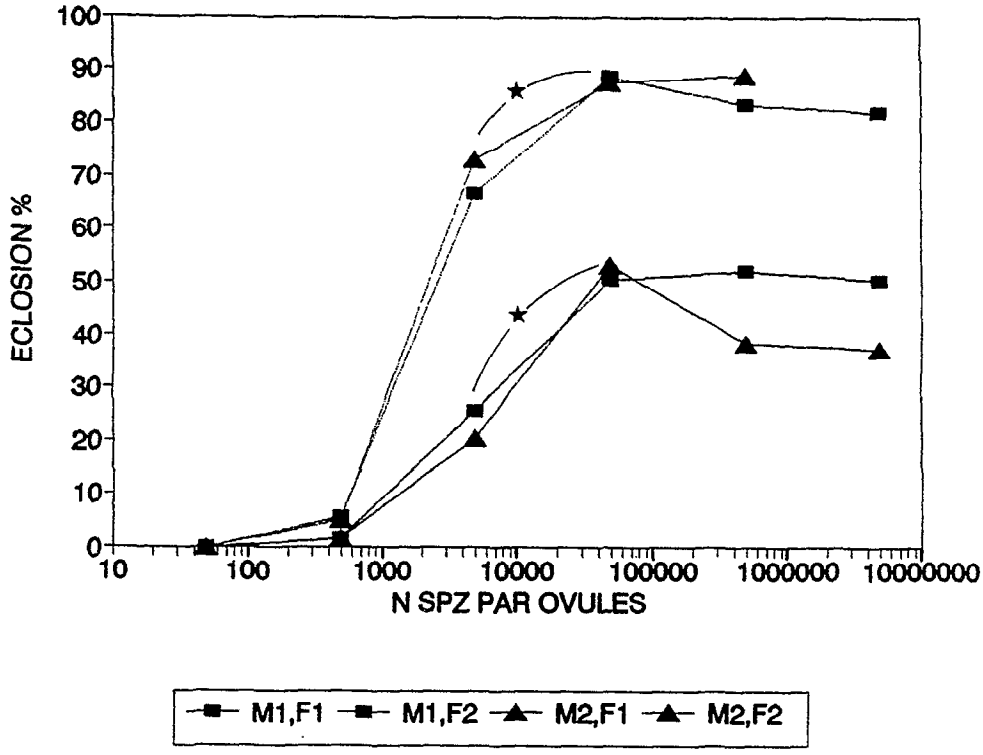


Figure 11 : Influence du nombre de spermatozoïdes par ovule sur le pourcentage d'éclosion lors de la fécondation artificielle chez *H. longifilis*.

M1 : sperme du mâle n°1 (5.10^9 spz/ml)

M2 : sperme du mâle n°2 (6.10^9 spz/ml)

F1 et F2 : femelles n°1 et n°2

* : $p < 0,05$ (t de Student)

La technique de double dilution est utilisée. La première dilution du sperme s'effectue à taux variable (entre 0 et 10^{-5}) dans une solution de NaCl à 9 $g.l^{-1}$. La seconde dilution est fixe : 0,2 ml de sperme dilué dans la solution saline sont répandus sur des lots d'environ 250 ovules, l'addition de 6 ml d'eau permet l'activation des spermatozoïdes.

Toutes les conditions testées (mâles 1 et 2 x femelles 1 et 2) indiquent qu'un minimum de 50 000 spz/ovule est nécessaire pour le maintien du pourcentage d'éclosion (et donc de fécondation). Ceci correspond à une dilution totale du sperme de $3.\ 10^{-4}$.

En pratique, compte tenu de la variabilité individuelle observée dans la concentration en spermatozoïdes des différents spermes, une dilution totale de $3.\ 10^{-3}$ (dilution de 10^{-1} dans la solution saline) est recommandée.

En dépit des variations saisonnières observées dans l'intensité de l'activité sexuelle (sections 2.4 et 2.5), des ovocytes de bonne qualité et des spermatozoïdes fécondants peuvent être collectés tout au long de l'année à partir des géniteurs élevés en milieu lagunaire. Lorsque les conditions de reproduction contrôlée définies ci-dessus sont respectées, les pourcentages d'éclosion sont élevés en toutes saisons. Les techniques développées montrent une excellente répétabilité dans leurs résultats. Pour les 38 dernières femelles traitées (entre octobre 1988 et novembre 1990), on a obtenu en moyenne 79,8 % $\pm$ 3,4 de larves normales à l'éclosion et seulement 6,5 % $\pm$ 2,5 de larves déformées.

3.3- L'hybridation entre *H. longifilis* et *C. gariepinus*

L'hybridation, interspécifique ou intergénérique, est une manipulation permise par le contrôle de la reproduction qui conduit parfois, chez les poissons, à l'obtention de lignées de caractéristiques plus favorables que celles des espèces parentales pour la pisciculture. Les performances de ces hybrides sont toutefois peu prévisibles *a priori*.

Hormi les résultats préliminaires de Hecht et Lublinkhof (1985), l'hybridation entre espèces de clarlidés africains n'avait pas été tentée. L'hybridation entre *H. longifilis* et *C. gariepinus*, deux espèces d'intérêt aquacole, a été étudiée de manière approfondie sur la station de Layo entre 1987 et 1990 (Legendre *et al.*, 1992*; Teugels *et al.*, 1992a et 1992b).

L'interfécondabilité entre les deux espèces est remarquable. Les pourcentages d'éclosion obtenus dans les croisements réciproques sont similaires à ceux résultant des fécondations intraspécifiques. Sur le plan morphologique, les hybrides présentent plusieurs caractéristiques intermédiaires aux deux espèces parentales, et notamment la présence d'une petite nageoire adipeuse, alors que *H. longifilis* en possède une grande et que *C. gariepinus* en est totalement dépourvu. Cette morphologie intermédiaire indique que les croisements réalisés conduisent à de vrais hybrides, résultant de la fusion du matériel génétique des deux parents, et non à des individus issus d'un développement parthénogénétique comme cela a déjà été observé pour d'autres espèces de poissons. Ce point a été confirmé tant par la description du caryotype des hybrides (Teugels *et al.*, 1992a) que par l'étude de leur polymorphisme enzymatique (Teugels *et al.*, 1992b).

Les hybrides issus des croisements réciproques sont parfaitement viables et leurs survies sont similaires à celles de leurs espèces maternelles.

Les tests réalisés ont montré une importante différence de croissance entre *C. gariepinus* et *H. longifilis*, en faveur de ce dernier. Ceci indique l'importance que pourrait avoir *H. longifilis* pour la pisciculture africaine. La croissance des hybrides est similaire à celle de *H. longifilis*, bien que dans l'une des expériences l'hybride *H. longifilis* femelle x *C. gariepinus* mâle ait montré une croissance plus rapide que celle *H. longifilis*. L'expression d'un effet de vigueur hybride pourrait ainsi dépendre des conditions environnementales de l'élevage.

Le sex ratio est équilibré aussi bien pour les espèces parentales que pour les hybrides, ce qui renforce l'hypothèse d'un mécanisme de déterminisme sexuel similaire chez *H. longifilis* et *C. gariepinus*. Les analyses caryologiques ont mis en évidence l'existence de chromosomes sexuels chez les deux espèces, les hétérochromosomes étant portés par la femelle. Pour les hybrides, comme pour les espèces parentales, l'identification du sexe sur la base des gonades est toujours associée à la présence de chromosomes ZZ ou ZW (Ozouf-Costaz *et al.*, 1990; Teugels *et al.*, 1992a). Le caryotype des hybrides (2n=54) représente la somme des stocks haploïdes de *H. longifilis* (2n=52) et de *C. gariepinus* (2n=56).

En dépit de nombreuses anomalies observées dans le développement de leurs gonades (mauvaise efficacité de la gamétogenèse, médiocre qualité des gamètes, tumeurs ovariennes fréquentes; voir Legendre *et al.*, 1992*), les hybrides ne sont pas stériles et un petit nombre d'alevins viables de lignées "F2" ou "backcross" ont été obtenus. De ce fait, le risque d'une contamination génétique des stocks naturels par des hybrides échappés des stations d'élevage ne peut être écarté.

3.4- Conclusions

Que les espèces considérées se reproduisent spontanément ou non en captivité, un contrôle de leur reproduction est nécesaire dans la pratique piscicole.

Pour les tilapias qui se reproduisent naturellement et à un rythme soutenu en élevage, ce contrôle revêt deux aspects bien distincts. D'une part, il s'agit de compenser la faible fécondité et la reproduction anarchique de ces espèces par une gestion appropriée et rigoureuse des stocks de géniteurs. D'autre part, compte tenu d'une taille de première maturation réduite, il est indispensable d'empêcher la reproduction des poissons en grossissement pour favoriser leur croissance.

Pour *H. longifilis*, l'absence de reproduction spontanée en captivité est surmontée par le recours aux méthodes d'induction hormonale de l'ovulation et à la fécondation artificielle. Dans ce contexte, la forte fécondité de l'espèce est indéniablement une caractéristique très favorable pour pouvoir disposer de larves en quantité importante à partir d'un stock de géniteurs d'effectif restreint.

Il est souvent considéré que la reproduction spontanée des tilapias constitue un grand avantage en pisciculture car il est facile de disposer d'un approvisionnement relativement régulier et abondant en alevins. Ceci demande toutefois à être nuancé (Lazard et Legendre, 1991). Dans le cadre d'une pisciculture artisanale, où le nombre d'alevins requis est restreint, quelques milliers tout au plus, ce peut effectivement être un avantage en regard notamment d'une autonomie possible du producteur. En revanche, dans le contexte d'une production à plus grande échelle, les modalités de reproduction des tilapias génèrent plusieurs inconvénients : le nombre de géniteurs requis est important (fécondité faible), la gestion de ces géniteurs exige pour être optimale une technicité certaine et une grande rigueur (constitution des familles de géniteurs adéquats et suivi régulier), l'obtention d'alevins de même

âge et de taille calibrée pose de sérieuses difficultés (pontes asynchrones). La production massive d'alevins de tilapia demande donc des structures de grandes dimensions et une main d'oeuvre importante.

Mais la nécessité de réaliser des élevages monosexes mâles, pour éviter le problème de la prolifération d'alevins et optimiser la croissance des poissons en grossissement, est sans doute l'inconvénient majeur résultant de la sexualité des tilapias. La méthode du sexage manuel a pour corrollaire la perte de 50 % du stock (les femelles) lorsque les poissons ont atteint environ 25 g; ce n'est qu'à ce stade qu'ils présentent un dimorphisme sexuel suffisamment net pour être triés. Les solutions de remplacement, l'hybridation interspécifique à descendance monosexe mâle (souvent peu efficace en raison d'une faible production d'alevins et des difficultés de maintenir des souches pures de géniteurs; Lovshin, 1982) et l'inversion hormonale du sexe, font appel à une technicité importante et ne sont pas envisageables en dehors d'un cadre de contrôle strict. Un problème qui se pose est notamment celui du devenir, dans le poisson et dans le milieu, des produits de dégradation des hormones stéroïdiennes utilisées pour l'inversion sexuelle, leurs effets restant mal évalués.

Dans le cas d'une espèce comme *H. longifilis*, il est possible de programmer, et cela tout au long de l'année, la production simultanée de centaines de milliers de larves à partir d'un nombre restreint de géniteurs. Les techniques d'induction hormonale et de fécondation artificielle requièrent cependant, pour être optimales, de disposer d'écloseries bien équipées et d'un personnel compétent. La forte fécondité de ce silure autorise cependant de grandes pertes d'oeufs lorsque les besoins à satisfaire sont limités. Une adaptation approximative des techniques développées peut alors permettre un certain succès dans des conditions de terrain assez rustiques; mais dans ce cas le coût de l'hormone, rapporté au faible nombre de larves puis de juvéniles obtenus, devient trop élevé pour le pisciculteur rural (Oswald, comm. pers.).

En définitive, le seul véritable avantage piscicole associé à la stratégie de la reproduction des tilapias (*Oreochromis* et *Sarotherodon*) est la grande taille de leurs oeufs. A l'issue de la résorption vitelline, au moment de leur entrée en phase trophique, les poissons présentent déjà la morphologie définitive des adultes; ils sont alors robustes et leurs besoins alimentaires sont simples à satisfaire. Il est toutefois à noter que les espèces du genre *Tilapia*, dont les oeufs sont beaucoup plus petits (mais plus nombreux), présentent une brève période larvaire (Noakes et Balon, 1982). Contrairement aux clariidés, il n'y a pas de phase d'élevage larvaire pour les tilapias incubateurs buccaux. Les *Tilapia* représentent une situation intermédiaire.

4- BILAN ET PERSPECTIVES DES ELEVAGES

Nous présentons dans ce chapitre l'état actuel des filières d'élevage, telles qu'elles ont été développées et ajustées en fonction des particularités biologiques propres à chacune des espèces étudiées. Celles-ci se décomposent en trois phases classiques, l'alevinage (avec ou sans élevage larvaire), le prégrossissement et le grossissement. Le principe de base, commun à ces filières, repose sur l'utilisation durant la phase de grossissement de structures de technologie simple implantées directement en milieu lagunaire. L'objectif est une adaptabilité des méthodes d'élevage au contexte local au sens large du terme. L'élevage pratiqué en milieu ouvert présente l'avantage d'une gestion simplifiée, dans cette situation les fluctations des conditions du milieu sont toutefois plus subies que maîtrisées. En milieu lagunaire, par définition soumis à une grande variabilité spatio-temporelle, un soin tout particulier doit donc être apporté au choix des sites en relation avec les possibilités d'adaptation des espèces cibles. La situation de la station de Layo dans une région oligo-mesohaline de la lagune, initialement choisie (dès 1976) pour sa bonne compatibilité avec l'élevage du machoiron, a par la suite favorisé l'évaluation du potentiel aquacole d'espèces, soit très estuariennes (tilapias, *Trachinotus*), soit d'origine continentale (silures).

Un bilan des recherches effectuées sur ces espèces et leurs perspectives d'élevage ont été présentés par ailleurs (Hem *et al.*, 1991). Nous nous limiterons ici à rappeler les principaux résultats obtenus concernant les tilapias et le silure, *H. longifilis*.

4-1- Les tilapias lagunaires

Dès leur entrée en phase trophique, les alevins de *S. melanotheron* pèsent déjà près de 20 mg; ils acceptent et utilisent efficacement les aliments composés. Pour cette espèce, la phase d'alevinage, non limitante pour la suite de la filière d'élevage, n'a pas fait l'objet d'investigations particulières. En fin de résorption vitelline, les larves de *T. guineensis* sont en revanche beaucoup plus petites (2 mg environ) et une forte mortalité a été observée au moment de leur première alimentation (Legendre, 1983a). Ce problème n'a toutefois pas été approfondi, ce poisson étant moins intéressant pour la pisciculture lagunaire que *S. melanotheron* (Legendre, 1986a; Legendre *et al.*, 1989*).

L'évaluation comparée du potentiel aquacole des deux tilapias lagunaires a porté dans un premier temps sur la phase de grossissement, entre 10 et 150-200 g, réalisée selon un mode intensif(1), basé sur l'utilisation d'aliments composés. Différentes expérimentations ont été effectuées en faisant

(1) Les termes "intensif" et "extensif" distinguent ici les élevages où l'alimentation des poissons repose sur un apport exogène en aliment composé (aquaculture de transformation) de ceux basés sur l'utilisation de la nourriture naturelle présente et éventuellement stimulée dans le milieu (aquaculture de production). D'autres définitions ont cependant cours, qui font appel à des critères de distinction tels que la densité d'empoissonnement, les niveaux de production ou la quantité d'énergie intrante.

varier le type de structures d'élevage (enclos, cage-enclos ou bassins), la densité d'empoissonnement, la composition et les modalités de distribution des aliments (Legendre, 1983a et 1986a; Cissé, 1986). Legendre *et al.* (1989*) ont récemment synthétisé l'ensemble des résultats obtenus.

Il convient de souligner que les comportements associés à la reproduction des tilapias lagunaires ont eu des répercussions importantes sur la conduite des élevages :

- l'enclos s'est avéré une structure totalement inadaptée à l'élevage de *T. guineensis* en raison de son comportement nidificateur (risque de perte des poissons par désensouillage du filet délimitant l'enclos; difficulté de recapture, les nids servant de refuge aux poissons pendant les pêches),

- la croissance des mâles de *S. melanotheron*, supérieure à celle des femelles en élevage monosexe, est très amoindrie en élevage mixte du fait de l'incubation buccale durant laquelle les mâles se nourrissent peu ou pas.

Malgré les améliorations qui ont pu être apportées aux conditions d'élevage (choix des structures, élevage monosexe, alimentation), les performances des deux espèces de tilapias lagunaires se sont en définitive avérées très décevantes en conditions intensives (voir Legendre *et al.*, 1989*). Même dans la situation la plus favorable - l'élevage monosexe mâle de *S. melanotheron* - les taux de croissance et les indices de consommation obtenus ne permettent pas dans l'état actuel, de dégager, en fin de cycle, une marge bénéficiaire suffisante pour assurer la rentabilité économique d'une ferme piscicole. Les essais en vraie grandeur réalisés en cages flottantes dans le cadre du Projet de Développement de l'Aquaculture lagunaire ont confirmé ces conclusions (Doudet et Legendre, 1986).

Une voie qui paraît actuellement plus prometteuse est celle de l'élevage extensif en "acadja-enclos" (Hem, 1988), une méthode d'élevage dérivée de la très productive pêcherie traditionnelle en acadjas développée dans les lagunes du Bénin (Welcomme, 1972). Les acadjas sont des amas organisés de branchages installés en zones lagunaires peu profondes, dans lesquels certaines espèces du peuplement naturel, dont *S. melanotheron*, se concentrent et se multiplient. Cet effet attractif des acadjas semble résulter, d'une part, de l'importante augmentation des surfaces sur lesquelles se développent microfaune et épiphytes, sources de nourriture pour les poissons, et, d'autre part, du rôle d'abri joué par ces structures. Basé sur un principe identique, l'objectif de l'acadja-enclos est de favoriser le développement de nourriture naturelle dans le milieu d'élevage (*S. melanotheron* est un microphage), réduisant d'autant le besoin en aliments composés et, par voie de conséquence, le coût de production du poisson (Hem, 1988). Les premiers essais d'élevage extensif utilisant la technique des acadja-enclos ont donné des résultats encourageants : des rendements annuels en poissons de plus de 8 t/ha d'acadja, dont 60 à 90 % de *S. melanotheron*, sont possibles sans aucun apport en aliment exogène (Hem, 1988; Legendre *et al.*, 1989*). Les rendements sont toutefois variables et dépendent du site d'implantation de la structure. Des problèmes se posent notamment dans les zones lagunaires polyhalines (plus de 18 $g.l^{-1}$ de salinité) où les supports en branchages et en bambous sont rapidement attaqués par les tarets et où la colonisation de la structure par des espèces prédatrices (*Lutjanus spp.*) induit une chute importante de la production en tilapias (Hem et Avit, 1991).

4.2- Le silure, *Heterobranchus longifilis*

Pour *H. longifilis*, contrairement à *S. melanotheron*, l'élevage des larves (1,8 mg au moment de leur entrée en phase trophique) est apparu d'emblée comme le facteur limitant de la filière d'élevage. Les études se sont donc en grande partie focalisées sur la résolution de ce problème. Grâce aux alevins obtenus en captivité, les premiers essais d'élevage de ce poisson en monoculture ont été tentés et ses performances aquacoles en milieu lagunaire, évaluées.

4.2.1- Alevinage

4.2.1.1- Premières tentatives

Les taux de survie obtenus à l'issue des premières tentatives d'élevage des larves de *H. longifilis* se sont généralement avérés très faibles. Ces premiers essais, réalisés en bassins alimentés en eau de lagune, avec différents types d'aliments inertes (cervelle broyée, oeufs bouillis, aliments composés pulvérulents, levures de bière...), ont conduit au début du cycle vital à de très fortes mortalités (survie de l'ordre de 1% à 3 semaines) et à une grande variabilité individuelle des résultats de croissance. Ces aliments, bien qu'activement ingérés dès la fin de la résorption vitelline, paraissaient donc mal utilisés. Mais il s'y ajoutait également d'autres problèmes, notamment la qualité de l'eau de la station de Layo, généralement très turbide et de salinité variable avec les saisons. Ces conditions défavorables ont conduit à l'expression d'un fort cannibalisme.

Hecht et Appelbaum (1988) rapportent que pour les larves et juvéniles de *Clarias gariepinus*, l'hétérogénéité des tailles au sein d'une population apparaît plus, à l'origine, comme une conséquence que comme une cause du cannibalisme. Deux types de cannibalisme sont distingués. Le premier type concerne des individus de tailles initialement peu différentes; le congénère est ingéré la queue la première, la tête ne pouvant être avalée, est écartée. Ce premier type de cannibalisme conduit à l'hétérogénéité des tailles au sein de la population, qui à son tour favorise l'expression du second type de cannibalisme où les alevins les plus petits sont cette fois ingérés entièrement et avalés la tête la première par les individus les plus gros. Hecht et Appelbaum (*Op. cit.*) montrent que chez *C. gariepinus*, le cannibalisme est densité dépendant, significativement réduit par la présence de refuges limitant les contacts entre individus, mais est surtout fonction de la nourriture disponible dans le milieu.

Pour *H. longifilis*, il est apparu que l'élevage en étang pourrait être à même de résoudre au moins partiellement les problèmes rencontrés grâce, en particulier, à leur richesse en nourriture naturelle et notamment en zooplancton (Legendre *et al.*, 1987). Cependant l'empoissonnement des étangs avec des larves de 2 jours en fin de résorption vitelline, s'est jusqu'à présent toujours soldé par un échec du fait de la présence et de la prolifération difficilement contrôlable de batraciens et d'insectes

aquatiques (notonectes, ranâtres, larves de libellules). En conséquence, l'empoissonnement des étangs ne doit être réalisé que plus tardivement, avec des alevins pesant au moins 70 à 100 mg et déjà capables d'échapper à la majorité de ces prédateurs.

La phase cruciale se limite donc aux deux premières semaines, durant lesquelles les principaux problèmes sont de maintenir les larves à l'abri de leurs prédateurs, de disposer d'une qualité d'eau convenable et d'une alimentation adaptée en quantité suffisante.

4.2.1.2- Eléments de biologie

Différent aspects de la biologie des larves et des juvéniles de *H. longifilis* ont été étudiés.

- Les grandes étapes du **développement larvaire** ont été décrites par Legendre et Teugels (1991*) et montrent de grandes analogies avec le développement de *C. gariepinus*. Les larves présentent un caractère photophobe marqué dont il est important de tenir compte pour la réalisation des élevages.

- Le **régime alimentaire** a été analysé dans différentes situations d'élevage sans apport en aliment composé : en étangs et en bassins de grand volume préalablement ensemencés en zooplancton (Legendre, Pagano et Saint-Jean, non publié; Legendre, 1987; Legendre *et al.*, 1991*). L'objectif était d'identifier les proies préférentielles, en vue d'en favoriser ultérieurement le développement en étang ou d'en faire la culture en milieu contrôlé. Les principaux résultats sont les suivants.

La première prise d'aliment s'effectue dès l'âge de 2 jours alors que la vésicule vitelline des larves n'est pas encore entièrement résorbée. Elles se nourrissent de façon continue de jour et de nuit, sans qu'un rythme quelquonque dans les quantités ingérées ne soit mis en évidence. Le régime alimentaire est essentiellement zooplanctophage jusqu'à l'âge de 5-6 jours et les larves montrent d'emblée une préférence marquée pour les proies de grande taille (formes pré-adultes et adultes de crustacés planctoniques); le cladocère *Moina micrura* est l'une des proies principalement sélectionnée. A partir du 6ème jour, le régime tend à se diversifier progressivement avec l'incorporation d'insectes de tailles croissantes, principalement des larves de chironomides. L'examen des contenus stomacaux d'individus plus âgés (31 j, L = 55 mm) élevés en étang montre un régime plus diversifié, où larves de chironomides et insectes constituent pondéralement les proies principales, alors que les proies planctoniques sont encore présentes en effectif important. A ce stade on trouve également dans les tractus des coquilles de gastéropodes, des détritus organiques, des débris de végétaux et des graines qui traduisent l'évolution du régime vers celui de l'adulte, considéré comme omnivore à tendance carnassière (Micha, 1973).

- De même que les oeufs, les larves de *H. longifilis* apparaissent peu tolérantes en regard de la **salinité** du milieu. Les taux de survie observés durant les 10 premiers jours d'élevage sur des groupes de 30 larves transférées directement le jour de l'éclosion en eau de mer diluée à différentes

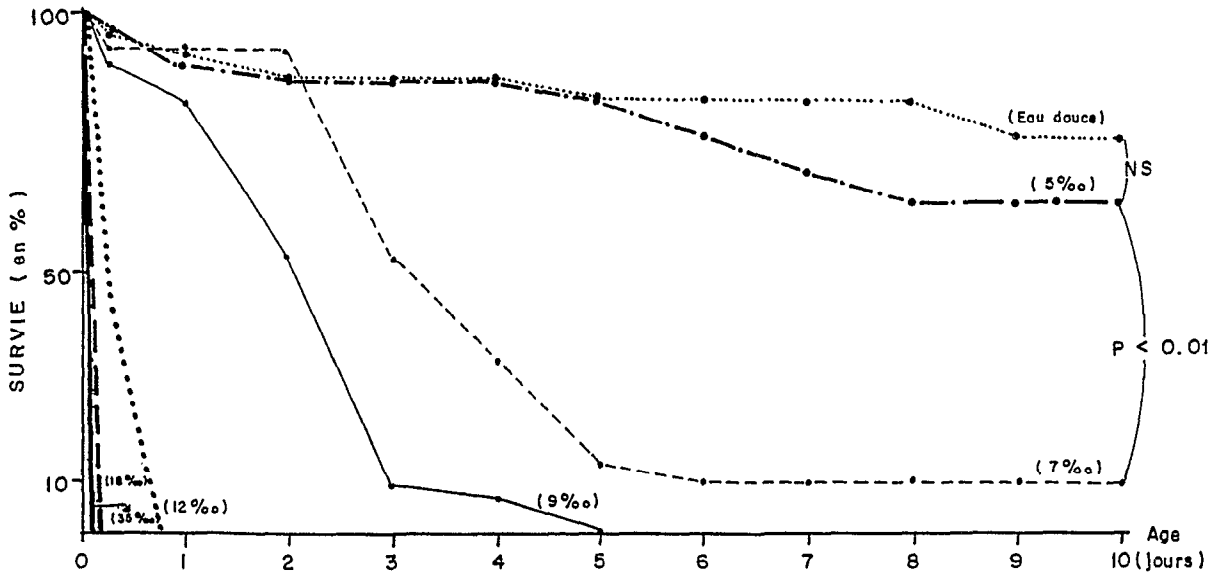


Figure 12 : Evolution de la survie pour les larves de *H. longifilis* élevées à partir de l'éclosion dans l'eau de mer diluée à différentes salinités.

salinités (fig. 12), montrent que si l'alevinage est envisageable dans des eaux pouvant aller jusqu'à 5 $g.l^{-1}$, des valeurs supérieures conduisent rapidement à une survie faible, voire nulle.

4.2.1.3- Approches actuelles

Sur la base de ces différents résultats, deux options d'alevinage de *H. longifilis*, extensive et intensive, ont été développées :

- Méthode extensive

Cette méthode vise à exploiter la production planctonique naturelle des étangs, tout en maintenant les poissons à l'abri de leurs prédateurs. Elle consiste à placer les larves en fin de résorption vitelline dans des cages de petits maillages implantées directement dans les étangs. Un pompage de l'étang vers les cages peut être réalisé en continu pour favoriser les échanges d'eau et l'approvisionnement en proies planctoniques.

Cette technique apparaît particulièrement séduisante du fait de sa grande simplicité. Pendant les premiers jours, le système ne nécessite aucun entretien, si ce n'est un brossage régulier des cages pour limiter leur colmatage. Cette relative facilité de mise en oeuvre et d'utilisation apparait favorable à une application dans le cadre de pisciculture rurales.

Entre octobre 1985 et novembre 1990, quinze expérimentations ont été réalisées dans des conditions différentes de densité d'empoissonnement, de quantité de zooplancton disponible et d'aménagement des cages (avec ou sans systèmes de refuge). Les résultats ont été détaillés par Legendre *et al.* (1991b*). Bien que jusqu'à la mi-1989 les taux de survie obtenus à l'issue de la période critique des 15 premiers jours se soient systématiquement avérés satisfaisants (parfois 50 % et toujours plus de 20 % dans au moins l'une des cages), les résultats des dernières expériences ont été décevants, les survies finales n'excédant pas 5 %. En définitive, il apparaît que si cette technique a fait ses preuves (plus de 30 000 alevins produits en un seul essai), son succès reste conditionné par la qualité des étangs (physico-chimie de l'eau, nature et quantité des proies planctoniques disponibles, présence ou non d'agents pathogènes).

- Méthode intensive

L'alevinage en bassins d'écloserie est probablement l'option qui correspond le mieux aux impératifs d'une production à grande échelle. De plus grande technicité, cette option fait appel à des stations bien équipées et à un personnel compétent. Son succès dépend alors d'un approvisionnement suffisant en aliments adéquats et d'une eau de bonne qualité.

A Layo, les problèmes rencontrés avec l'eau de lagune (turbidité, salinité) ont été résolus avec la réalisation d'un système d'auges d'alevinage fonctionnant avec de l'eau de ville recyclée (Lambert, 1990). L'utilisation de nauplii d'*Artemia salina* comme aliment de départ a permis d'atteindre

de 35 à 94 % de survie (moyenne de 68 %) sur des lots de 500 à 10 000 larves, après 15 jours d'élevage dans ce système (Legendre *et al.*, 1991*). La croissance est très rapide. On passe généralement de 2 à 150-250 mg de poids moyen durant cette période. Ces résultats sont à rapprocher de ceux obtenus avec *Clarias gariepinus* (Hogendoorn, 1980) et montrent que l'*Artemia* constitue une solution possible au problème du nourrissage des larves de *H. longifilis* en milieu contrôlé. L'utilisation de l'*Artemia* pose cependant des problèmes pratiques et économiques pour une application dans de nombreux pays africains : des substituts lui ont donc été recherchés.

Dans le but de valoriser les potentialités locales en proies naturelles, des essais de production contrôlée de *Moina micrura* ont été effectués. Son temps de génération est court, environ 40 h à 30 °C (Bonou, 1990), ce qui constitue un élément favorable. Des concentrations supérieures à 4 000 individus par litre peuvent être rapidement obtenues dans des bassins (2 m^3) en eau stagnante, oxygénée et fertilisée avec de la fiente de poulet. La moitié de la population des bassins peut alors être prélevée périodiquement sans dommage, la densité en *Moina* étant restaurée à son niveau initial après seulement 2 jours (Bonou, non publié). Des tests comparatifs ont en outre montré que les survies à 15 jours sont équivalentes chez les larves nourries avec *Artemia* ou *Moina* comme premiers aliments. La croissance est toutefois plus faible avec *Moina*, ce qui semble en partie imputable à l'ingestion des oeufs de résistance (éphippies), non digestibles par les poissons, produits par ces cladocères élevés en bassins (Kerdchuen, 1991).

Récemment, l'approche d'une alimentation larvaire de type artificiel a été reprise. L'utilisation d'un aliment composé efficace chez le corégone et la carpe (Bergot *et al.*, 1986; Charlon *et al.*, 1986), a permis d'obtenir chez *H. longifilis* une survie aussi élevée qu'avec l'*Artemia*, mais avec une croissance plus faible au cours des deux premières semaines d'alevinage (Kerdchuen, 1991). Plusieurs exemples indiquant que les besoins en acides gras essentiels peuvent différer de manière importante chez les poissons continentaux d'eau chaude et d'eau froide (Kanazawa, 1985; Stickney et Hardy, 1989), cette faible croissance pourrait être au moins en partie, liée à une couverture inadéquate des besoins lipidiques.

L'influence de la composition en acides gras des aliments a été testée sur la croissance et la survie des larves de *H. longifilis* entre la fin de la résorption vitelline et l'âge de 17 jours (Legendre *et al.*, 1990).

Douze lots de 400 larves ont été élevés en eau recyclée (28$\pm$1 °C) en bacs de 40 litres et nourris avec 6 aliments différents (1 réplicat/traitement) distribués *ad libitum* à raison d'un repas toutes les 4 h. Les aliments testés sont, d'une part, les nauplii d'*Artemia* qui servent de référence et, d'autre part, 5 aliments expérimentaux composés d'un même régime de base et ne variant que par la nature de l'huile incorporée. La composition en est la suivante : foie de boeuf (30%), levure "Protibel" (50%), mélange vitaminique (7,5%), minéraux (5%) et huile (7,5%). Les huiles utilisées sont respectivement les huiles de foie de morue, de palme , de coton, de coprah et d'arachide. La composition en acides gras des aliments et des alevins de 17 jours a été déterminée sur les lipides totaux par chromatographie en phase gazeuse.

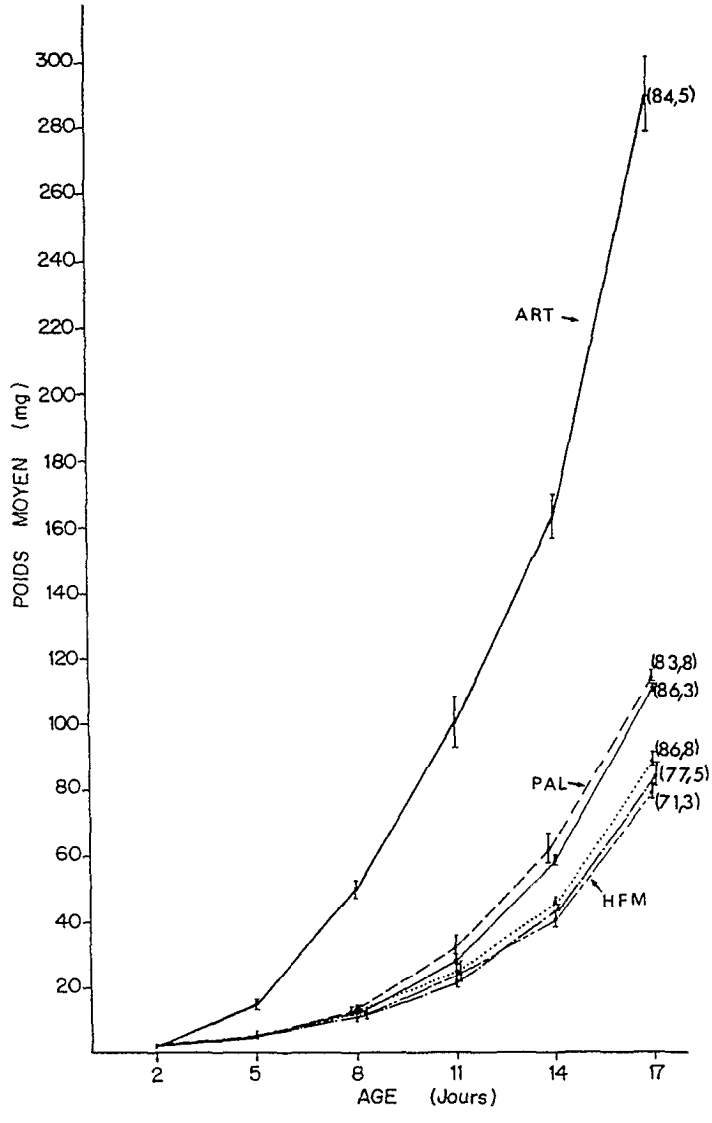


Figure 13 : Croissance des larves de *H. longifilis* en fonction de l'alimentation distribuée. Nauplii d'*Artemia* ou 5 aliments composés supplémentés avec différentes huiles (voir texte).

ART : Artemia, PAL : aliment composé avec huile de palme; HFM : aliment composé avec huile de foie de morue.

( ) : survie en fin d'expérimentation.

Les résultats montrent que si la survie est élevée dans tous les cas (71 à 85 %), les poids moyens finaux (pmf) sont fortement influencés par la nature de l'aliment utilisé. Les nauplii d'*Artemia* conduisent à une croissance très supérieure (pmf de 289 mg) à celles enregistrées avec les différents aliments expérimentaux (pmf de 79 à 115 mg). Parmi les aliments composés, les meilleurs résultats sont obtenus avec les régimes contenant de l'huile de palme ou de coprah, la croissance la plus faible étant observée avec l'huile de foie de morue ($p<0,05$). Les huiles d'arachide et de coton donnent des résultats intermédiaires (fig. 13).

La composition en acides gras (AG) des alevins reflète celle des aliments. L'ensemble des résultats suggère qu'il existe un rapport optimum entre les AG n-3 (en particulier le 22:6 n-3) et les AG n-6 pour la couverture en AG essentiels. La croissance des larves parait 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.

D'un point de vue pratique, il apparaît que les poids moyens atteints en 17 jours par les alevins nourris avec l'aliment supplémenté en huile de palme, bien qu'inférieurs à ceux obtenus avec l'*Artemia*, sont déjà suffisants pour démarrer la phase de prégrossissement dans de bonnes conditions. L'utilisation de ce type d'aliments composés, dont il faudrait encore optimiser la formulation, représente sans aucun doute une voie d'avenir intéressante pour l'élevage larvaire de *H. longifilis* en écloserie.

4.2.2- Prégrossissement - grossissement

Contrairement à l'élevage larvaire, les phases de prégrossissement et de grossissement ne posent pas de difficultés particulières. L'aliment artificiel à 35% de proteines brutes, habituellement utilisée pour le machoiron (Hem *et al.*, 1991), à été retenu pour les premières évaluations de la croissance de *H. longifilis* en monoculture.

Le **prégrossissement** a été principalement réalisé en étangs lagunaires alimentés en eau par la nappe phréatique, mais il pourrait aussi bien s'effectuer en bassins (tabl. 3 et Kerdchuen, 1991). Selon la densité initiale (entre 1 et 10 poissons par m^2), *H. longifilis* atteint en étang un poids moyen de 50 g en 5 à 10 semaines, à partir d'alevins de 0,1 g. Les taux de survie sont généralement supérieurs à 60% lorsque que certaines précautions sont respectées. Durant cette phase, deux facteurs de mortalité apparaissent particulièrement importants à maîtriser; ce sont la prédation et le cannibalisme. Le premier peut être évité par une bonne préparation des étangs qui, peu avant l'empoissonnement, doivent être vidangés et curés, et recevoir une application de chaux vive afin d'éliminer les espèces parasites. Pour limiter le second, il semble absolument essentiel d'empoissonner les structures avec des alevins de taille bien calibrée, ce qui peut nécessiter un tri préalable.

Les premiers essais de **grossissement** réalisés en monoculture ont été menés dans diverses structures d'élevage. En enclos, en cage-enclos et en bassin, les poissons étaient nourris 6 jours par semaine à raison d'une ration alimentaire journalière fixée à 3% de leur biomasse. En étang, la

Structure (superficie)	Densité initiale (N/m^2)	Poids moyen initial (g)	Poids moyen final (g)	Durée du suivi (semaines)	Survie %
Bassin (4 m^2)	8	4.5	50	4	100
Etang (750 m^2)(a)	0,7	0.15	54	5	66(*)
Etang (520 m^2)(a)	10	0.77	23	10	55
Etang (750 m^2)(a)	10	0.10	53	10	10
Etang (480 m^2)(a)	8	0.10	55	10	64
Etang (750 m^2)(a)	11	0.28	34	8	64
Etang (750 m^2)(a)	13	0.15	34	9	74
Etang (580 m^2)(a)	11	0.17	14	5	68
Etang (300 m^2)(b)	25	0.25	26	7	82
Etang (150 m^2)(b)	16	0.06	25	7	69

Tableau 3 : Résultats des premiers essais de prégrossissement de *H. longifilis*.

(*) survie déterminée lors de la vidange de l'étang après 10 mois d'élevage (cf. tabl. 4).
(a) : étangs lagunaires, station de Layo.
(b) : étangs continentaux, station de Zélé (Man).

Structure (superficie)	Année	Densité initiale N/m²	Poids moyen Initial (g)	Poids moyen final (g)	Durée du suivi (j)	Gain pondéral journalier ($g.J^{-1}$)	Survie %	IC global	IC intermédiaire
Etang (750 m²)	1984-85	0.7	0.15	1083	308	3.52	66	1.41	/
Cage-enclos (4 m²)	1985-86	3.0	58	482	155	2.74	100	2.36	/
Cage-enclos (4 m²)	1986	8.5	57	976	290	3.17	80	4.1	1.98
Cage-enclos (25 m²)	1986-87	4.0	56	1119	365	2.91	89	3.85	2.04
Cage-enclos (25 m²)	1986-87	4.0	28	1180	380	2.81	92	3.54	2.05
Cage-enclos (25 m²)	1987-88	4.0	397	1640	319	3.90	88	6.68	/
Cage-enclos (4 m²)	1987-88	7.5	140	1164	341	3.00	50	6.69	1.79
Enclos (625 m²)	1987-88	2.0	35	2115	487	4.27	72	4.35	1.74
Bassin (4 m²)	1988	7.5	5	479	146	3.24	97	1.52	/

Tableau 4 : Récapitulatif des premiers essais de grossissement de *H. longifilis* effectués sur la station de Layo.

L'indice de consommation (IC) est calculé par le rapport entre le poids total de nourriture distribuée et l'accroissement en biomasse des poissons sur une période donnée.

L'IC "global" correspond à l'ensemble de la période d'expérimentation.

L'IC "intermédiaire" est calculé entre le début de l'expérimentation et le moment où les poissons ont atteint un poids moyen de 500 à 600 g.

Dans tous les cas les poissons sont nourris avec un aliment contenant 35 % de protéines brutes.

ration initialement fixée à 5% de la biomasse, a ensuite été réduite à 3 puis 1% lorsque les poissons ont atteint les poids moyens de 100 et de 500 g respectivement.

Dans tous ces essais, la croissance de *H. longifilis* s'est avérée très rapide et peu influencée par le type de structure utilisé (tabl. 4; fig. 14). Les poissons atteignent généralement 500 g en 6 mois et plus d'1 kg en 12 mois, les croissances moyennes se situant aux alentours de 3 à 4 $g.j^{-1}$. Jusqu'au poids moyen de 500 à 600 g, les indices de consommation (IC) obtenus, voisins de 2 et souvent inférieurs, sont excellents. A l'exception de l'essai réalisé en étang, on note en revanche une élévation sensible des IC lorsque l'élevage est poursuivi jusqu'à un poids dépassant le kilo (tabl. 4). Ceci semble lié au moins en partie à une ration alimentaire trop généreuse pour ces individus de grande taille et devrait, à l'avenir, être réduite en dessous de 3% de la biomasse pour les poissons de plus de 500 g.

Dans leur ensemble, ces premiers essais apparaissent très positifs. Ils confirment la croissance très rapide de *H. longifilis* et sa nette supériorité par rapport à celle des autres poissons déjà testés en pisciculture lagunaire en Côte-d'Ivoire (Hem *et al.*, 1991). En outre, la bonne transformation de l'alimentation artificielle constatée jusque vers 600 g, laisse entrevoir la possibilité pour les éleveurs de produire cette espèce avec profit en effectuant deux cycles par an.

Depuis 1988, des études ont été engagées afin d'identifier les besoins nutritionnels et les modalités d'alimentation optimales de *H. longifilis* durant la phase de grossissement. Le rapport protéino-énergétique conduisant au meilleur compromis entre vitesse de croissance et indice de consommation se situe entre 41 et 43 % de protéines brutes pour environ 1,63 MJ/100g d'aliment (Kerdchuen, 1991). Cet aliment, utilisé sur des lots de poissons élevés en bassins, a permis d'atteindre un poids moyen de 500 g en 4,5 mois à partir d'individus de 6 g de poids initial (Legendre *et al.*, 1992*).

Les modalités de distribution des aliments constituent également un facteur important d'optimisation de la croissance et des indices de consommation. Kerdchuen et Legendre (1991*) ont montré une amélioration très sensible de la croissance lorsque les poissons sont nourris en continu plutôt qu'en repas fractionnés. Une distribution des aliments pendant la nuit conduit également à de meilleures performances que lorsque les poissons sont nourris durant le jour.

A l'exception de ses stades précoces de développement (oeufs et larves), *H. longifilis* montre par ailleurs une bonne adaptabilité au milieu lagunaire. Des spécimens de poids compris entre 50 g et 12 kg sont élevés en lagune Ebrié sur la station de Layo depuis 1983. Aucune mortalité particulière liée à l'augmentation saisonnière de la salinité dans le milieu n'a été constatée. De plus, la croissance des poissons s'est avérée aussi rapide en saison sèche (de janvier à avril), avec une salinité comprise entre 5 et 10 $g.l^{-1}$, qu'en saison des pluies (juin- juillet) lorsque la salinité est souvent voisine de zéro. Malgré son origine continentale, l'espèce semble donc très bien se prêter à un élevage dans les secteurs oligo- mésohalins (de salinité inférieure à 10 $g.l^{-1}$), qui représentent plus de la moitié de la superficie des lagunes ivoiriennes. Les limites de tolérance à la salinité des juvéniles et des adultes n'ont cependant pas encore été déterminées avec précision et pourraient se révéler plus élevées.

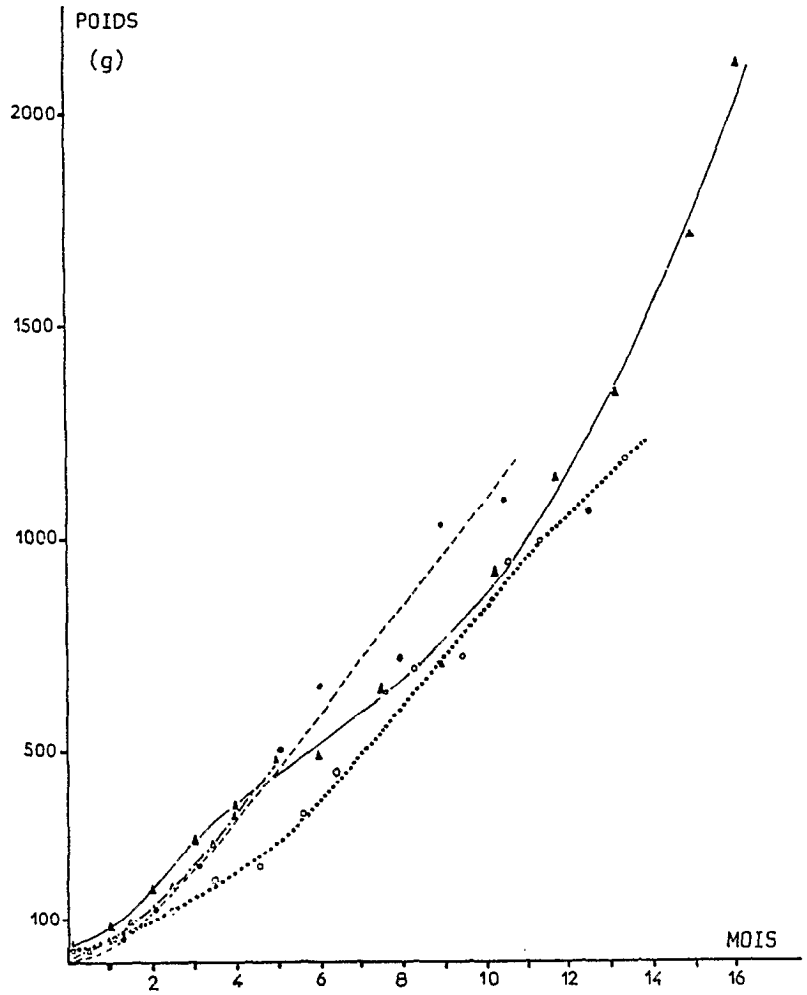


Figure 14 : Croissance de *H. longifilis* dans différentes structures d'élevage (o····o: cage-enclos, ▲—▲: enclos, ▲-·-▲: bassin, •----•: étang). Dans tous les cas les poissons sont nourris avec un granulé à 35 % de protéines brutes.

Il est à noter que plusieurs essais de grossissement de *H. longifilis* ont été réalisés en étangs d'eau douce sur diverses stations de pisciculture continentale : les résulats de croissance y ont été du même ordre de grandeur qu'en enclos lagunaire. Ceci indique que le champ d'utilisation de *H. longifilis* pour la pisciculture africaine est vaste et couvre aussi bien les milieux lagunaires faiblement halins que les milieux dulçaquicoles.

4.3- Conclusions

Les deux espèces de tilapias lagunaires se sont montrées décevantes en élevage intensif. Les taux de croissance obtenus (de l'ordre de 0,5 $g.j^{-1}$) sont en moyenne très faibles, notamment en comparaison de ceux observés chez la plupart des autres espèces de tilapias déjà utilisées en pisciculture (1 à 2,5 $g.j^{-1}$). La phase de grossissement est donc relativement longue (une dizaine de mois) pour atteindre un poids final de 150 g, à peine suffisant pour satisfaire le consommateur (Doudet et Legendre, 1986). Malgré l'utilisation d'un aliment composé permettant par ailleurs de bonnes performances avec *Oreochromis niloticus*, les indices de consommation obtenus avec les espèces lagunaires se sont toujours avérés trop élevés (de l'ordre de 4 à 6). Ces résultats sont incompatibles avec une quelquonque rentabilité économique.

A l'heure actuelle, le bilan global de la culture intensive des tilapias dans les lagunes ivoiriennes reste assez négatif puisque l'on dispose, d'une part, d'espèces autochtones naturellement adaptées au milieu mais aux performances médiocres et, d'autre part, d'une espèce allochtone (*O. niloticus*) dont la croissance est rapide mais qui présente une mauvaise adaptation dans les milieux saumâtres ivoiriens, y compris dans les zones oligohalines.

Les tilapias restant parmi les poissons les plus appréciés par les consommateurs et les plus compatibles avec leur pouvoir d'achat, des essais avec de nouvelles espèces (ou hybrides) allochtones ont été menés dans le cadre du Projet de Développement de l'Aquaculture Lagunaire. *Oreochromis aureus* est apparu comme l'espèce présentant les meilleures possibilités d'adaptation en milieu lagunaire (Doudet, 1988). Les premiers résultats obtenus étaient encourageants, aussi bien en termes de croissance que de survie. Ils n'ont toutefois pas été confirmés par les essais ultérieurs qui ont été sanctionnés par de fortes mortalités (Doudet, 1991). Les causes exactes des mortalités observées avec les espèces de tilapias introduites pour la pisciculture dans les lagunes ivoiriennes demandent encore à être élucidées. Un programme de recherches conduit par le CTFT, avec l'appui de divers organismes, est en cours pour tenter de les identifier.

L'élevage extensif de *S. melanotheron* en acadja-enclos est une autre option qui apparaît prometteuse pour le développement de l'aquaculture lagunaire. Des productions intéressantes en poissons peuvent être obtenues sans aucun apport en aliments exogènes. Ceci laisse entrevoir la possibilité d'exploitations rentables pour les villageois riverains des lagunes et une certaine autonomie de fonctionnement. Une contrainte forte est toutefois créée par l'important effort de main d'oeuvre requis pour l'installation initiale des nombreux supports en bambous nécessaires (10 par m^2) et pour leur retrait de la structure au moment de la pêche. Pour limiter cette contrainte, un mode d'exploitation

par pêches sélectives (captures périodiques et exclusives des plus gros individus), ne nécessitant pas le démontage de la structure, est actuellement envisagé (Hem et Avit, 1991). Un programme pluridisciplinaire est en cours de réalisation au CRO d'Abidjan, dans le but de mieux comprendre le fonctionnement de cet écosystème particulier et d'en proposer un modèle de gestion amélioré.

Le potentiel aquacole de *H. longifilis* est maitenant bien établi. Il repose sur de nombreuses caractéristiques biologiques favorables : grande robustesse, croissance très rapide y compris en monoculture intensive, bonne transformation des aliments artificiels, reproduction continue, fécondité élevée, première maturation sexuelle relativement tardive. Ce silure est recherché par la grande majorité des consommateurs ivoiriens (Legendre, 1989*), mais l'importance de son marché potentiel doit encore être précisée. L'espèce montre une bonne adaptabilité au milieu lagunaire et son élevage (prégrossissement-grossissement) peut d'ores et déjà être envisagé au moins dans les zones oligo-mesohalines de salinité inférieure à 10 $g.l^{-1}$. Les techniques de reproduction contrôlée sont parfaitement maitrisées et permettent une production massive de larves tout au long de l'année. En alevinage, d'excellents résultats sont obtenus en conditions d'écloserie avec l'*Artemia* comme aliment de départ. L'utilisation de proies planctoniques disponibles localement (*Moina*, notamment) ou celle d'aliments composés de composition améliorée pourraient à terme constituer des alternatives plus adaptées que l'*Artemia*. L'option extensive valorisant les potentialités locales en proies planctoniques par le biais de cages implantées en étang, conduit à des taux de survie plus modestes mais pourrait présenter une plus grande facilité d'application. Dans le contexte lagunaire, la sensibilité des oeufs et des alevins à la salinité constitue une contrainte : au dessus de 5 g.l-1, une alimentation des écloseries en eau douce est indispensable. Désormais, la filière d'élevage de *H. longifilis* ne présente plus de point de blocage et son transfert vers le développement peut s'amorcer. Les recherches doivent être poursuivies pour en optimiser les différentes étapes.

La croissance très rapide de *H. longifilis* et son aptitude à transformer efficacement les aliments composés en font une espèce de choix pour une pisciculture de type intensif. Le schéma de développement envisagé est tout à fait comparable a celui adopté pour le machoiron (grossissement en enclos lagunaire basé sur l'utilisation d'aliments composés). Ce poisson a déjà suscité un grand intérêt auprès des autorités de développement qui voient en lui une possibilité intéressante de diversifier la production piscicole. En 1991, la Société Ivoirienne d'Aquaculture Lagunaire aura produit plus de 300 t de machoirons d'élevage, mais connait actuellement des difficultés pour écouler cette production (Hem, comm. pers.). Dans le contexte économique difficile que traverse aujourd'hui la Côte-d'Ivoire, *H. longifilis*, dont le prix de vente est très sensiblement inférieur à celui du machoiron (environ 850 contre 1 200 FCFA/kg)(1), peut constituer un produit plus accessible pour le pouvoir d'achat des consommateurs.

---

(1) Le coût de production du kg de poisson est estimé à environ 600 FCFA pour *H. longifilis* (Barros, 1990) et à 730 FCFA pour le machoiron, avec un coût des fingerlings fortement subventionné (Lazard *et al.*, 1990).

CONCLUSIONS GENERALES

Les études menées par le CRO d'Abidjan, sur les quelques espèces sélectionnées de l'ichtyofaune locale, ont permis d'acquérir des bases scientifiques indispensables à la maîtrise de leur cycle d'élevage. Les résultats obtenus sur le machoiron, *C. nigrodigitatus*, et notamment la maîtrise de sa reproduction en captivité, ont ainsi rendu possible le développement d'une activité aquacole à l'échelle commerciale en milieu lagunaire ivoirien (Hem *et al.*, 1991).

Le potentiel aquacole de *H. longifilis* est à présent bien démontré et sa filière d'élevage ne présente plus de points de blocage. Il y a bon espoir qu'un développement piscicole, similaire à celui qu'a connu le machoiron, puisse être atteint dans un avenir proche. S'il est établi que le prégrossisement et le grossissement de *H. longifilis* peuvent être réalisés dans les zones oligo-mesohalines de salinité inférieures à 10 $g.l^{-1}$, les extrêmes de tolérance à la salinité demandent encore à être identifiés pour préciser l'étendue des zones lagunaires aptes à l'élevage de cette espèce. Comme *C. nigrodigitatus*, *H. longifilis* se prête bien à un élevage intensif en enclos lagunaires, basé sur l'utilisation d'aliments composés. Ce type de pisciculture apparaît plus particulièrement adapté aux zones périurbaines, en raison de la proximité d'un marché rémunérateur et d'une plus grande facilité d'approvisionnement en aliments et en matériels. L'identification des besoins nutritionnels (qualitatifs et quantitatifs) de ces espèces et la mise au point d'aliments composés performants, utilisant des matières premières disponibles localement, reste un axe de recherche prioritaire pour en optimiser la croissance et les coûts de production.

A l'inverse, l'option adoptée pour la culture du tilapia lagunaire, *S. melanotheron*, est celle d'un élevage extensif en acadja-enclos, fondé sur l'augmentation de la disponibilité en nourriture naturelle dans la structure d'élevage. Les premiers résultats sont prometteurs, mais des études approfondies sont encore nécessaires pour comprendre le fonctionnement de cet écosystème particulier (étude des chaînes trophiques) et d'en proposer un modèle de gestion amélioré. Cette forme d'élevage pourrait constituer une solution pour d'éventuels exploitants disposant de faibles moyens financiers et pour une application en zones rurales, où l'obtention et la conservation des aliments composés constituent des problèmes importants.

Les performances des tilapias lagunaires en élevage intensif ont été décevantes et les recherches sont poursuivies par le CTFT pour tenter d'identifier les causes des problèmes d'adaptation rencontrés en milieu lagunaire avec les espèces de tilapias allochtones, dont la croissance est plus rapide.

Il faut noter que les deux options d'élevage développées, intensive et extensive, n'ont rien de contradictoire. Leurs chances respectives de succès pourront varier en fonction de l'environnement social et économique de chaque région concernée et des acteurs potentiels de la pisciculture. A l'échelle d'un pays tel que la Côte d'Ivoire, elles pourraient au contraire s'avérer tout à fait complémentaires.

Quelle que soit l'espèce considérée et les contraintes propres à sa reproduction, le succès d'une production massive d'alevins exige de faire appel à des techniques relativement élaborées (gestion des géniteurs, traitements hormonaux, incubation des oeufs, élevage larvaire, obtention de populations monosexes...). Cette technicité, qui contraste avec la simplicité des systèmes de grossissement proposés pour le développement, ne peut être obtenue que dans le cadre d'écloseries publiques ou privées disposant de moyens matériels adéquats et d'un personnel compétent.

Pour *H. longifilis*, les méthodes d'induction de l'ovulation, de fécondation artificielle et d'incubation des oeufs sont à présent bien maîtrisées. En milieu lagunaire, les géniteurs sont sexuellement matures tout au long de l'année, ce qui autorise une production continue de larves. La fécondité de l'espèce est élevée, le stock de géniteurs nécessaire reste donc d'effectif relativement limité. Un problème qui demeure est toutefois celui du sacrifice des mâles, pratiqué pour la récolte du sperme. Ceci oblige à l'entretien d'un nombre de mâles plus élevé et pourrait s'opposer, à l'avenir, à l'utilisation répétée de géniteurs génétiquement sélectionnés. Les solutions semblent passer, d'une part, par une optimisation de l'utilisation de la semence collectée (mise au point de milieux de fécondation spécifiques, techniques de cryoconservation) et, d'autre part, par la stimulation hormonale, qui pourrait permettre une collecte du sperme par massage abdominal sans avoir recours au sacrifice des mâles. D'une manière générale, la physiologie du sperme est un domaine encore peu étudié chez les clariidés.

L'élevage larvaire reste la phase la plus contraignante de la filière d'élevage de *H. longifilis*. De bons résultats de croissance et de survie sont obtenus avec les nauplii d'*Artemia* comme premier aliment, mais des solutions plus autonomes sont à rechercher dans le contexte de nombreux pays africains où ces proies doivent être importées. L'utilisation de proies planctoniques disponibles localement peut également s'avérer satisfaisante, que celles-ci soient produites dans des élevages associés (*Moina*) ou utilisées *in situ* dans les étangs de pisciculture (méthode d'alevinage en cage). Ces élevages associés sont toutefois assez contraignants et l'utilisation *in situ*, très attrayante sur le plan pratique, conduit à des résultats aléatoires. Le succès de cette dernière méthode demanderait une connaissance plus approfondie et un meilleur contrôle de l'écosystème étang. Une voie qui paraît prometteuse est celle de l'utilisation d'aliments composés. Les résultats obtenus ont démontré une bonne survie mais une croissance plus faible qu'avec l'*Artemia* durant les deux premières semaines d'élevage, indiquant une couverture encore imparfaite des besoins nutritionnels des larves de *H. longifilis*. Une amélioration de ces aliments composés reste donc souhaitable. Les possibilités d'incorporation de sous produits locaux (levures de bière ou de raffinerie pétrolière, notamment) dans ce type d'aliments devrait aussi être examinée.

Chez les tilapias lagunaires, d'importantes modifications ont été mises en évidence dans la taille de première maturation sexuelle, la fécondité et la taille des ovocytes en fonction de l'environnement (milieu naturel ou différentes conditions de captivité). Bien qu'un rôle possible de l'alimentation, de l'organisation spatiale du milieu (espace vide ou aménagé) et des perturbations anthropiques (fréquence de pêches) ait été évoqué, la nature et le rôle exact des facteurs à l'origine de ces réponses adaptatives demandent encore à être précisés. Une approche expérimentale plus approfondie serait nécessaire et pourrait grandement contribuer à une meilleure compréhension des

stratégies adaptatives développées par ces espèces. Une telle approche pourrait en outre générer des possibilités d'applications intéressantes, en permettant de définir des conditions d'élevage susceptibles de retarder la maturation sexuelle durant la phase de grossissement ou d'accroître la fécondité par ponte unitaire et la fréquence des pontes des poissons utilisés comme géniteurs.

La comparaison des performances aquacoles de *Clarias gariepinus* et de *H. longifilis* ont révélé plusieurs caractéristiques à l'avantage de ce dernier :

- *H. longifilis* semble mieux se prêter à un élevage en milieu lagunaire que *C. gariepinus*,
- la croissance de *H. longifilis* est plus rapide,
- alors que les femelles présentent une croissance nettement inférieure à celle des mâles chez *C. gariepinus*, aucune croissance différentielle liée au sexe n'a été mise en évidence pour *H. longifilis*.
- Enfin, la taille et l'âge de première maturation sexuelle sont plus élevés chez *H. longifilis* et autorisent une commercialisation des poissons avant leur entrée en reproduction.

Connaissant l'intérêt déjà très élevé de *C. gariepinus* pour la pisciculture africaine, on peut donc être optimiste quant au développement futur de l'élevage de *H. longifilis*.

Cet exemple illustre bien l'importance de l'évaluation des potentialités aquacoles des espèces représentées dans l'ichtyofaune locale et montre qu'en se contentant d'utiliser des espèces (introduites ou non) dont l'élevage est déjà maîtrisé par ailleurs, on peut omettre des espèces plus adaptées au milieu et aux performances plus favorables. L'évaluation des potentialités aquacoles d'espèces autochtones nécessite cependant une bonne connaissance préalable du milieu et de la bio-écologie des espèces qui y sont représentées.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Les références précédées d'un astérisque sont présentées en annexe dans l'ordre de la présente liste.

ALBARET J.J., 1991. Les poissons : biologie et peuplements. In : DUFOUR P., J.R. DURAND et S. G. ZABI (eds), Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. 2 - Les milieux saumâtres : l'exemple de la lagune Ebrié. (sous presse).

ALBARET J.J. et LEGENDRE M., 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 (1) : 57-67.

(*) ALBARET J.J. et LEGENDRE M., 1985. Biologie et écologie des Mugilidae en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Intérêt potentiel pour l'aquaculture lagunaire. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 18 (4) : 281-303.

ALBARET J.J. et ECOUTIN J.M., 1989. Communication mer-lagune : impact d'une réouverture sur l'ichtyofaune de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 22 : 71-81.

ANON. (Cooperative Team for Hormonal Application in Pisciculture), 1977a. A new highly effective ovulating agent for fish reproduction - practical application of LH-RH analogue for the iduction of spawning of farm fishes. *Sci. Sin.*, 20 : 469-474.

ANON. (Fukien-Chiangsu-Chekiang-Shanghai Cooperative Group for Artificial Reproduction of Freshwater Economic Fishes), 1977b. A further investigation on the stimulatory effect of a synthetic analogue of hypothalamic luteinizing hormone releasing hormone (LHRH-A) on spawning in "domestic fishes". *Acta Biochim. Biophys. Sin.*, 9 : 15-24.

AQUACOP, FUCHS J., NEDELEC G. et GASSET E., 1989. Selection of finfish species as candidate for aquaculture in French Polynesia. *In* : Advances in tropical aquaculture. *AQUACOP IFREMER, Actes de Colloque*, 9 : 461-484.

ARDILL J.D., 1982. Africa. A general review of coastal aquaculture in the African region. *In* : COCHE A. (ed), Coastal aquaculture : development perpectives in Africa and case studies from other regions. *CIFA Tech. Pap./Doc. Tech. CPCA*, 9, 258 p.

AREERAT S., 1987. *Clarias* culture in Thailand. *Aquaculture*, 63 : 355-362.

ARONSON L.R., 1949. An analysis of reproductive behaviour in the mouthbreeding cichlid fish, *Tilapia macrocephala* (Bleeker). *Zoologica*, 34 : 133-158.

BAGENAL T.B., 1978. Aspects of fish fecundity. *In* : GERKING S.D. (ed.), *Ecology of freshwater fish production*, pp. 75-101, Blackwell Scientific Publications, Oxford.

BALARIN J.D. et HATTON J.P., 1979. Tilapia. A guide to their biology and culture in Africa. Univ. of Stirling, Scotland. 174 p.

BARD J., DE KIMPE P. et LESSENT P., 1976. Nouveaux poissons et nouvelles méthodes d'élevage en Afrique. *In* : Proc. FAO/CIFA Symp. on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana. *CIFA Tech. Pap.*, 4, : 365-372.

BAROILLER J.F. et JALABERT B., 1989. Contribution of research in reproductive physiology to the culture of tilapias. *Aquat. Living Resour.*, 2 : 105-116.

BARROS A., 1990. Evaluation et optimisation de l'intégralité de la filière d'élavage d'*Heterobranchus longifilis*, de la reproduction à la commercialisation. Rapport de stage au CRO d'Abidjan. ENSA de Toulouse. 54 p. + annexes.

BELL-CROSS G., 1976. The fishes of Rhodesia. National Museums and Monuments of Zimbabwe, Harare, 268 p.

BERGOT P., CHARLON N. et DURANTE H., 1986. The effect of compound diets feeding on growth and survival of coregonid larvae. *Arch. Hydrobiol. Beih. Ergebn. Limnol.*, 22 : 265-272.

BILLARD R., 1975. L'insémination artificielle de la truite Salmo gairdneri Richardson. V.- Effets de la dilution et définition du rapport optimum gamètes/dilueur. *Bull. Fr. Pisc.*, 257 : 122-135.

BILLARD R., GATTY J.L., HOLLEBECQ M.G., MARCEL J. et SAAD A., 1986. Biology of gametes, eggs and embryos. *In* : R. BILLARD et J. MARCEL (eds), Aquaculture of Cyprinids, INRA, Paris, p. 151-164.

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. multigr..

BOUJARD T., LE BAIL P.Y. et PLANQUETTE P., 1988. Données biologiques sur quelques espèces continentales de Guyane française d'intérêt piscicole. *Aquat. Living Resour.*, 1 : 107-113.

BRUTON M.N., 1979. The breeding biology and early development of *Clarias gariepinus* (Pisces; Clariidae) in Lake Sibaya, South Africa, with a review of breeding in species of the subgenus *Clarias* (*Clarias*). *Trans. Zool. Soc. Lond.*, 35 : 1-45.

CAMPBELL D., 1985. Large scale farming of *Sarotherodon niloticus*. *Aquaculture*, 48 : 57-69.

CHARLON N., DURANTE H., ESCAFFRE A.M. et BERGOT P., 1986. Alimentation artificielle des larves de carpe (*Cyprinus carpio* L.). *Aquaculture*, 54 : 83-88.

CHAVEZ-LOMELLI M.O., MATTHEUWS A.E. et PEREZ VEGA M.H., 1984. Etude de la biologie des espèces de poisson du fleuve San Pedro, Tabasco (Mexico) en vue de déterminer leur potentialité pour la pisciculture. INIREB, Veracruz, 257 p.

CHRISTENSEN M.S., 1981. A note on breeding and growth rates of the catfish *Clarias mossambicus* in Kenya. *Aquaculture*, 25 : 285-288.

CISSE A., 1986. Résultats préliminaires de l'alimentation artificielle de *Tilapia guineensis* (Bleeker) et de *Sarotherodon melanotheron* (Ruppel) en élevage. *In* : Aquaculture research in the African region. FIS Seminar, PUDOC, Wageningen, 103-111.

COPIN Y. et OSWALD M., 1988. La pisciculture semi-intensive de tilapia devient une réalité sociale et économique : une démonstration concrète en Côte d'Ivoire. *Aqua Revue*, 17 : 15-21.

DAGET J., 1954. Les poissons du Niger supérieur. *Mém. I.F.A.N.*, 36, 391 p.

DAGET J. et ILTIS A., 1965. Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et eaux saumâtres). *Mémoires IFAN*, 74, 385 p.

DE KIMPE P. et MICHA J.C., 1974. First guidelines for the culture of *Clarias lazera* in Central Africa. *Aquaculture*, 4 : 227-248.

DIA A.K., HEM S. et LEGENDRE M., 1985. Les recherches en aquaculture lagunaire en Côte d'Ivoire. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 52 p.

DOUDET T., 1988. Comparaison de la tolérance au milieu lagunaire saumâtre de différentes espèces et hybrides d'*Oreochromis* pour leur utilisation en aquaculture (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). *In* : Proc. Atelier International sur la Recherche Aquacole en Afrique, Bouaké, Côte d'Ivoire, 14-17 nov. 1988, CRDI. (sous presse).

DOUDET T., 1991. Recherches sur l'aquaculture des tilapias en milieu lagunaire. Centre Technique Forestier Tropical, Nogent-sur-Marnes, 87 p.

DOUDET T. et LEGENDRE M., 1986. L'aquaculture. p. 109-125, In : Aménagement de la pêche et de l'aquaculture en Côte d'Ivoire. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan.

DUFOUR P., J.R. DURAND et ZABI S. G. (eds), 1991. Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. 2 - Les milieux saumâtres : l'exemple de la lagune Ebrié. ORSTOM Ed. (sous presse).

DURAND J.R. et CHANTRAINE J.M., 1982. L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 15 : 85-113.

DURAND J.R. et SKUBICH M., 1982. Les lagunes ivoiriennes. *Aquaculture*, 27 : 211-250.

DURAND J.R. et GUIRAL D., 1991. Hydroclimat et hydrochimie. In : DUFOUR P., J.R. DURAND et S. G. ZABI (eds), Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. 2 - Les milieux saumâtres : l'exemple de la lagune Ebrié. (sous presse).

ECOUTIN J.M., DURAND J.R., LAE R. et HIE DARE J.P., 1991. L'exploitation des stocks. In : DUFOUR P., J.R. DURAND et S. G. ZABI (eds), Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. 2 - Les milieux saumâtres : l'exemple de la lagune Ebrié. (sous presse).

ELDIN, M., 1971. Le climat. *In* : Le milieu naturel de la Côte d'Ivoire, *Mem. ORSTOM*, 50 : 72-108.

ELLIOTT O.O., 1976. Biological observations on some species used for aquaculture in Nigeria. *In* : Proc. FAO/CIFA Symp. on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana. *CIFA Tech. Pap.*, 4, : 373-385.

EYESON K.N., 1983. Stunting and reproduction in pond-reared *Sarotherodon melanotheron*. *Aquaculture*, 31 : 257-267.

FAO, 1991. Aquaculture production (1986-1989). Statistical tables. FIDI/C815 (Rev. 3). 141 p.

FISHER W., BIANCHI G. et SCOTT W.B. (eds), 1981. Fiches FAO d'identification des espèces pour les besoins de la pêche. Atlantique centre-est; zones de pêche 34, 47 (en partie). Vols 1-7 : pag. var.

GUIRAL D., 1983. Physicochimie et biogéochimie des eaux et des sédiments à la station d'aquaculture de Layo (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). *Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr.*, Abidjan, 14 : 1-29.

HARVEY B.J. et HOAR W.S., 1980. The theory and practice of induced breeding in fish. Inter. Develop. Res. Center, Ottawa, Ontario, 48 p.

HECHT T. et LUBLINKHOF W., 1985. *Clarias gariepinus* x *Heterobranchus longifilis* (Clariidae : Pisces) : A new hybrid for aquaculture? *South Afr. J. Sci.*, 81 : 620-621.

HECHT T. et APPELBAUM S., 1988. Observations on intraspecific aggression and coeval sibling cannibalism by larval and juvenile *Clarias gariepinus* (Clariidae : Pisces) under contolled conditions. *J. Zool. Lond.*, 214 : 21-44.

HEM S., 1982. L'aquaculture en enclos : adaptation au milieu lagunaire ivoirien. *Aquaculture*, 27 : 261-272.

HEM S., 1986. Premiers résultats sur la reproduction contrôlée de *Chrysichthys nigrodigitatus* en milieu d'élevage. *In* : Aquaculture research in the African region. FIS Seminar, PUDOC, Wageningen, 189-205.

HEM S., 1988. First results on "acadja-enclos" used as an extensive culture system. *In* : Proc. Atelier International sur la Recherche Aquacole en Afrique, Bouaké, Côte d'Ivoire, 14-17 nov. 1988, CRDI. (sous presse).

HEM S. et AVIT J.B., 1991. Acadja-enclos : Etudes et synthèse. Rapport final pour le CRDI, Ottawa, Canada. 85 p.

HEM S., LEGENDRE M., TREBAOL L., CISSE A., OTEME Z. et MOREAU Y., 1991. L'aquaculture. In : DUFOUR P., J.R. DURAND et S. G. ZABI (eds), Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. 2 - Les milieux saumâtres : l'exemple de la lagune Ebrié. (sous presse).

HOGENDOORN H., 1980.- Controlled propagation of the African catfish, *Clarias lazera*. III. Feeding and growth of fry. *Aquaculture*, 21 : 233-241.

HUISMAN E.A. et RICHTER C.J.J., 1987. Reproduction, growth, health control and aquaculture potential of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture*, 63 : 1-14.

JACKSON P.B.N., 1988. Aquaculture in Africa. *In* : LEVEQUE C., M.N. BRUTON et G.W. SSENTONGO (eds), *Biologie et écologie des poissons africains d'eau douce*. ORSTOM, Travaux et Documents, 216 : 459-480.

JALABERT B., 1976. In vitro oocyte maturation and ovulation in rainbow trout (*Salmo gairdneri*), northern pike (*Esox lucius*), and goldfish (*Carassius auratus*). *J. Fish. Res. Board Can.*, 33 : 974-988.

JALABERT B. et ZOHAR Y., 1982. Reproductive physiology in cichlid fishes with particular reference to *Tilapia* and *Sarotherodon*. *In* : R.S.V. PULLIN and R.H. LOWE-McCONNELL (eds), The biology and culture of tilapias. *ICLARM Conf. Proc.*, 7 : 129-140.

KANAZAWA A., 1985. Essential fatty acid and lipid requirement of fish. *In* : COWEY C.B., A.M. MACKIE et J.G. BELL (eds), Nutrition and feeding in fish. Academic Press, p. 281-298.

KERDCHUEN N., 1992. L'alimentation composée d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei, Clariidae) : Incidence du mode d'alimentation et première estimation des besoins nutritionnels. Thèse de Doctorat, Univ. Paris VI, 160 p.

(*) KERDCHUEN N. et LEGENDRE M., 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). *Aquatic living Resour.*, 4 : 241-248.

KONAN A., 1983. Régime alimentaire de deux espèces de *Chrysichthys* en lagune (Côte d'Ivoire). Mémoire d'Ingénieur ENSAR, Spécialité Halieutique, 28 p.

LAZARD J., 1990. L'élevage du tilapia en Afrique. Données techniques sur sa pisciculture en étang. p. 5-22 *In* : Méthodes artisanales d'aquaculture du tilapia en Afrique. Centre technique forestier Tropical, Nogent-sur-Marnes, 82 p.

LAZARD J. et LEGENDRE M., 1991. La reproduction spontannée du tilapia : Une chance ou un handicap pour le développement de l'aquaculture africaine? *In* : Proceedings of the 3th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 11-16 nov. 1991, Abidjan, Côte d'Ivoire. ICLARM/CRO, (à paraître).

LAZARD J., WEIGEL J.Y., STOMAL B. et LECONTE Y., 1990. Bilan orientation de la pisciculture en Afrique francophone subsaharienne. Ministère de la Coopération et du Développement - Centre Technique Forestier Tropical, 205 p.

LEGENDRE M., 1983a. Observations préliminaires sur la croissance et le comportement en élevage de Sarotherodon melanotheron (Ruppel, 1852) et de Tilapia guineensis (Bleeker, 1862) en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 14 : 1-36.

(*) LEGENDRE M., 1983b. 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. Influence de la densité, de l'élevage monosexe 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 (1) : 19-29.

(*) LEGENDRE M., 1986b. 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., 1987. Recherches sur *Heterobranchus longifilis*. p 71-90, In : Recherches en aquaculture sur les principales espèces de poissons lagunaires en Côte d'Ivoire. Rapport final au contrat TSD-A-082, CEE-ORSTOM/CRO.

(*) LEGENDRE M., 1989.- Enquête préliminaire sur la consommation du silure *Heterobranchus longifilis* en Côte dIvoire. *Arch. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 12(1) : 1-12.

LEGENDRE M. et ALBARET J.J., 1984. Protocole d'identification des espèces autochtones présentant un intérêt potentiel pour l'aquaculture en milieu lagunaire. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, N.D.R. 07/84, 4 p.

(*) LEGENDRE M. et ALBARET J.J., 1991. Maximum observed length (MOL) as an indicator of growth rate in tropical fishes. *Aquaculture*, 94, 327-341.

LEGENDRE M. et JALABERT B., 1988. Physiologie de la reproduction. *In* : LEVEQUE C., M.N. BRUTON et G.W. SSENTONGO (eds), *Biologie et écologie des poissons africains d'eau douce.* ORSTOM, Travaux et Documents, 216 : 153-187.

(*) LEGENDRE M. et ECOUTIN J.M., 1989. Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. I - Reproduction. *Aquat. Living Resour.*, 2 :.71-79.

(*) LEGENDRE M. et ECOUTIN J.M., 1991. Aspects de la stratégie de reproduction de *Sarotherodon melanotheron* : Comparaison entre une population naturelle (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire) et différentes populations d'élevage. *In* : Proceedings of the 3th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 11-16 nov. 1991, Abidjan, Côte d'Ivoire. ICLARM/CRO, (à paraître).

(*) LEGENDRE M. et OTEME Z., 1991. Influence du temps de latence après induction hormonale de l'ovulation sur la quantité et la qualité des ovules récoltés chez un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Pisces, Clariidae); (à paraître).

(*) LEGENDRE M. et 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. et TREBAOL L., 1991. Efficacité de l'incubation buccale et fréquence de ponte de *Sarotherodon melanotheron* en milieu d'élevage (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). *In* : Proceedings of the 3th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 11-16 nov. 1991, Abidjan, Côte d'Ivoire. ICLARM/CRO, (à paraître).

LEGENDRE M., PAGANO M. et SAINT JEAN L., 1987. peuplements et biomasses zooplanctoniques dans des étangs de pisciculture lagunaire (Layo, Côte d'Ivoire) : Etude de la recolonisation après la mise en eau. *Aquaculture*, 67 : 321-341.

(*) LEGENDRE M., HEM S. et CISSE A., 1989. Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. II - Growth and rearing methods. *Aquat. Living Resour.*, 2 : 81-89.

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

(*) LEGENDRE M., TEUGELS G.G., CAUTY C. et JALABERT B., 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., SLEMBROUCK J., KERDCHUEN N. et Z. OTEME, 1991. Evaluation d'une méthode extensive d'alevinage des Clariidae en cages implantées en étangs. *Document ORSTOM Montpellier*, 4, 35 p. + annexes.

LIAO I.C. et LEI C.H., 1983. Status of aquaculture in Taiwan. 2nd Italy-Republic of China seminar on new aspects of biotechnological and biomedical research, Sassari, Italy, March 29-30 th, 28 p.

LOVSHIN L.L., 1982. Tilapia hybridization. *In* : R.S.V. PULLIN and R.H. LOWE-McCONNELL (eds), The biology and culture of tilapias. *ICLARM Conf. Proc.*, 7 : 279-308.

LOWE-McCONNELL R.H., 1959. Breeding behaviour patterns and ecological differences between *Tilapia* species and their significance for evolution within the genus *Tilapia* (Pisces, Cichlidae). *Proc. Zool. Soc. Lond.*, 132 : 1-30.

LOWE-McCONNELL R.H., 1982. Tilapias in fish communities. *In* : R.S.V. PULLIN and R.H. LOWE-McCONNELL (eds), The biology and culture of tilapias. *ICLARM Conf. Proc.*, 7 : 83-113.

MAGNET C. et KOUASSI Y.S., 1978. Essai d'élevage de poissons en cage flottante dans les lagunes Ebrié et Aghien. Centre Technique Forestier Tropical, Paris, 49 p.

MICHA J.C., 1973. Etude des populations piscicoles de l'Ubangui et tentatives de sélection et d'adaptation de quelques espèces à l'étang de pisciculture. Centre Technique Forestier Tropical, Paris, 110 p.

MICHA J.C. et FRANK V., 1976. Biologie des principales espèces utilisées en pisciculture africaine. *In* : Proc. FAO/CIFA Symp. on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana. *CIFA Tech. Pap.*, 4, : 292-331.

MIRES D., 1982. A study of the problems of the mass production of hybrid tilapia fry. *In* : R.S.V. PULLIN and R.H. LOWE-McCONNELL (eds), The biology and culture of tilapias. *ICLARM Conf. Proc.*, 7 : 317-329.

MOTWANI M.P., 1970. Report to the Government of Nigeria on the fishery investigations on the Niger and Benue rivers in the Northern region and development of a program of riverine fishery management and training. *FAO Fish. UNDP (TA)* Rep N° 2771, 196 p.

NOAKES D.L.G. et BALON E.K., 1982. Life history of tilapias : an evolutionary perspective. *In* : R.S.V. PULLIN and R.H. LOWE-McCONNELL (eds), The biology and culture of tilapias. *ICLARM Conf. Proc.*, 7 : 61-82.

OZOUF-COSTAZ C., TEUGELS G.G. et LEGENDRE M., 1990. Karyological analysis of three strains of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Clariidae), used in aquaculture. *Aquaculture*, 87 : 271-277.

PAGES J., LEMASSON L. et DUFOUR P., 1979. Eléments nutritifs et production primaire dans les lagunes de Côte d'Ivoire : cycle annuel. *Arch. Sci. Cent. rech. Océanogr. Abidjan*, 5 : 1-60.

PERRONE M. Jr et ZARET T.M., 1979. Parental care patterns of fishes. *Amer. Nat.*, 113 : 351-361.

PETERS H.M., 1971. Testis weights in *Tilapia* (Pisces : Cichlidae). *Copeia*, 1971 : 13-17.

REAY P.J., 1984. Reproductive tactics : a non-event in aquaculture? *In* : POTTS G.W. et R.J. WOOTTON (eds), *Fish Reproduction - Strategies and tactics*. Academic Press, London, p. 291-309.

RICHTER C.J.J., 1976. The African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.), a new possibility for fish culture in tropical regions? *Misc. Pap. Landbouwhogeschool, Wageningen*, 13 : 51-70.

RICHTER C.J.J. et VAN DEN HURK R., 1982. Effects of 11-desoxycorticosterone-acetate and carp pituitary suspension on follicule maturation in the ovaries of the African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.). *Aquaculture*, 29 : 53-66.

RICHTER C.J.J., EDING E.H., LEUVEN, S.E.W. et VAN DER WIJST, J.G.M., 1982. Effects of feeding levels and temperature on the development of the gonad in the African catfish *Clarias lazera* (C. & V.). *In:* RICHTER C.J.J. and GOOS, H.J.Th (eds.), Proceedings of the International Symposium on Reproductive Physiology of Fish, p. 147-150, PUDOC, Wageningen.

RICHTER C.J.J., VIVEEN W.J.A.R., EDING E.H., SUKKEL M., ROTHUIS A.J., VAN HOOF M.F.P.M., VAN DER BERG F.G.J., VAN OORDT P.G.W.J., 1987. The significance of photoperiodicity, water temperature and an inherent endogenous rhythm for the production of viable eggs by the African catfish, *Clarias gariepinus*, kept in subtropical ponds in Israel and under israeli and Dutch hatchery conditions. *Aquaculture*, 63 : 169-185.

RUWET J.C., VOSS J., HANON L. et MICHA J.C., 1976. Biologie et élevage du tilapia. *In* : Proc. FAO/CIFA Symp. on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana. *CIFA Tech. Pap.*, 4 : 332-364.

SAINT-PAUL U., 1986. Potential for aquaculture of South American freshwater fishes : a review. *Aquaculture*, 54 : 205-240.

SEKA A., 1984. Possibilités d'élevage d'un poisson Clariidae des régions forestières de Côte d'Ivoire : *Heterobranchus longifilis*. D.E.A., Univ. Toulouse, 33 p.

SERET B. et OPIC P., 1981. Poissons de mer de l'ouest africain tropical. Initiations-Documentations Techniques, ORSTOM, Paris, 49, 416 p.

SHAW E.S., 1956. Two weeks in father's mouth. *Natural history*, 65 : 152-153.

SHAW E.S. et ARONSON L.R., 1954. Oral incubation in *Tilapia macrocephala*. 1- E.S. SHAW, Embryological studies. 2- E.S. SHAW and L.R. ARONSON, Experimental studies. *Amer. Mus. Nat. Hist.*, 103 : 380-415.

SHEHADEH Z.H., 1976. Rapport du Symposium sur l'Aquiculture en Afrique. Accra, Ghana, 30 sept - 2 oct. 1975, *Doc. Tech. CPCA*, 4, 38 p.

SIVALINGAM S., 1976. The biology of cultivable brackishwater and marine finfish in Africa. *In* : Proc. FAO/CIFA Symp. on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana. *CIFA Tech. Pap.*, 4 : 283-291.

SLEMBROUCK J. et LEGENDRE M., 1988. Aspects techniques de la reproduction contrôlée de *Heterobranchus longifilis* (Clariidae). Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, NDR 02/88, 19 p.

STACEY N.E., 1984. Control of the timing of ovulation by exogenous and endogenous factors. *In* : POTTS G.W. et R.J. WOOTTON (eds), *Fish Reproduction - Strategies and tactics*. Academic Press, London, p. 208-222.

STICKNEY R.R. et HARDY R.W., 1989. Lipid requirements of some warmwater species. *Aquaculture*, 79 : 145-156.

TEUGELS G.G., 1982. Preliminary results of a morphological study of the African species of the subgenus *Clarias* (*Clarias*) (Pisces, Clariidae). *J. Nat. Hist. Lond.*, 16 : 439-464.

TEUGELS G.G., DENAYER B. et LEGENDRE M., 1990. A systematic revision of the African catfish genus *Heterobranchus* Geoffroy-Saint-hilaire, 1809 (Pisces: Clariidae). *Zool. J. Linn. Soc.*, 98 : 237-257.

TEUGELS G.G., OZOUF-COSTAZ C., LEGENDRE M. et M. PARRENT, 1992a. A karyological analysis of the artificial hybridization between *Clarias gariepinus* and *Heterobranchus longifilis* (Pisces, Clariidae). *J. Fish Biol.*, 40 : 81-86.

TEUGELS G.G., GUYOMARD R. et LEGENDRE M., 1992b. Enzymatic variation in clariid catfishes. *J. Fish Biol.*, 40 : 87-96.

THOUARD E., SOLETCHNIK P., MARION J.P., 1989. Selection of finfish species for aquaculture development in Martinique (F.W.I.). *In* : Advances in tropical aquaculture. *AQUACOP IFREMER, Actes de Colloque*, 9 : 499-510.

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.

TREBAOL L., SLEMBROUCK J. et HEM S., 1988. Rapport sur les mortalités survenues dans les enclos de Layo le 19 juin 1985. Cent. Rech. Océanogr., Abidjan, NDR 01-88, 10 p.

TREWAVAS E., 1983. Tilapine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. British Museum, London, 583 p.

VAN DER KRAAK G., PANKHURST N.W., PETER R.E. et LIN H.R., 1989. Lack of antigenicity of human chorionic gonadotropin in silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) and goldfish (*Carassius auratus*). *Aquaculture*, 78 : 81-86.

VAN DER WALL B.C.W., 1974. Observations on the breeding habits of *Clarias gariepinus* (Burchell). *J. fish Biol.*, 6 : 23-27.

VAN DER WALL B.C.W., 1985. Stripping male *Clarias gariepinus* of semen. *Aquaculture*, 48 : 137-142.

WEBBER H.H. et RIORDAN P.F., 1976. Criteria for candidate species for aquaculture. *Aquaculture*, 7 : 107-123.

WEIGEL J.Y., 1983. La commercialisation du poisson en pays lagunaire. Rapport interne, Centre de Petit Bassam, Abidjan, 67p.

WELCOMME R.L., 1972. An evaluation of the acadjas method of fishing as practiced in the coastal lagoons of Dahomey (West Africa). *J. Fish. Biol.*, 4 : 39-55.

WOHLFARTH G. W. et HULATA G. I., 1981. Applied genetics of tilapias. *ICLARM Studies and Reviews* 6, 26 p.

WU R.S.S., 1989. Biological and economic factors in the selection of cultured fish species and the development of a bio-economic model. *In* : Advances in tropical aquaculture. *AQUACOP IFREMER, Actes de Colloque*, 9 : 437-444.

ADDENDUM 1

L'ICHTYOFAUNE LAGUNAIRE

(d'après Albaret, 1991)

Famille	Espèce
DASYATIDAE	*Dasyatis margarita*
	Uragymmus africanus
POLYPTERIDAE	*Polypterus endlicheri*
ELOPIDAE	*Elops lacerta*
MEGALOPIDAE	*Tarpon atlanticus*
ALBULIDAE	*Albula vulpes*
MURAENIDAE	*Lycodontis afer*
CONGRIDAE	*Uroconger lepturus*
OPHICHTHIDAE	*Dalophis cephalopeltis*
	Myrophis plumbeus
HETERENCHELIDAE	*Pytonichthys macrurus*
CLUPEIDAE	*Cynothrissa sp.*
	Ethmalosa fimbriata
	Ilisha africana
	Laeviscutella dekimpei
	Pellonula afzeliusi
	Sardinella aurita
	Sardinella maderensis
ENGRAULIDAE	*Engraulis encrasicolus*
OSTEOGLOSSIDAE	*Heterotis niloticus*
NOTOPTERIDAE	*Papyrochranus afer*
MORMYRIDAE	*Marcusenius bruyerei*
	Marcusenius furcidens
	Mormyrus hasselquistii
	Mormyrus rume
	Petrocephalus bovei
HEPSETIDAE	*Hepsetus odoe*
CHARACIDAE	*Alestes imberi*
	Alestes longipinnis
	Alestes macrolepidotus
	Alestes nurse
	Hemigrammopetersius intermedius
DISTICHODONTIDAE	*Distichodus rostratus*
CYPRINIDAE	*Barbus ablabes*
	Barbus waldroni
	Labeo coubie
BAGRIDAE	*Chrysichthys auratus*
	Chrysichthys maurus
	Chrysichthys nigrodigitatus

SCHILBEIDAE	*Parailia pellucida*
	Schilbe mystus
	Schilbe mandibularis
CLARIIDAE	*Claria anguillaris*
	Clarias ebriensis
	Clarias gariepinus
	Heterobranchus isopterus
	Heterobranchus longifilis
MALAPTERURIDAE	*Malapterus electricus*
MOCHOKIDAE	*Synodontis bastiani*
	Synodontis schall
ARIIDAE	*Arius latiscutatus*
ANTENNARIIDAE	*Antennarius occidentalis*
	Antennarius pardalis
HEMIRAMPHIDAE	*Hemiramphus balao*
	Hyporamphus picarti
EXOCOETIDAE	*Fodiator acutus*
BELONIDAE	*Strongylura senegalensis*
CYPRINODONTIDAE	*Aplocheilichthys rancureli*
	Aplocheilichthys spilauchen
	Epiplatys chaperi
FISTULARIIDAE	*Fistularia petimba*
SYNGNATHIDAE	*Enneacampus kaupi*
	Microphis brachyurus
PLATYCEPHALIDAE	*Grammoplites gruveli*
SCORPAENIDAE	*Scorpaena angolensis*
TRIGLIDAE	*Lepidotrigla cadmani*
DACTYLOPTERIDAE	*Cephalacanthus volitans*
CHANNIDAE	*Parachanna obscura*
SERRANIDAE	*Cephalopholis nigri*
	Epinephelus aenus
	Epinephelus esonue
APOGONIDAE	*Apogon imberbis*
PRIACANTHIDAE	*Priacanthus arenatus*
ECHENEIDAE	*Echeneis naucrates*
CARANGIDAE	*Alectis alexandrinus*
	Alectis ciliaris
	Caranx hippos
	Caranx senegallus
	Chloroscombrus chrysurus
	Decapterus rhonchus
	Hemicaranx bicolor
	Lichia amia
	Selene dorsalis
	Trachinotus ovatus
	Trachinotus teraia
LUTJANIDAE	*Lutjanus dentatus*
	Lutjanus goreensis
GERREIDAE	*Eucinostomus melanopterus*
	Gerres nigri
HAEMULIDAE	*Brachydeuterus auritus*
	Pomadasys jubelini
	Pomadasys incisus
	Pomadasys rogeri
SPARIDAE	*Dentex canariensis*
	Sparus coeruleostictus
	Boops boops
LETHRINIDAE	*Lethrinus atlanticus*

SCIAENIDAE	*Pseudotolithus elongatus*
	Pseudotolithus senegalensis
	Pseudotolithus typus
	Pteroscion peli
MULLIDAE	*Pseudupeneus prayensis*
MONODACTYLIDAE	*Monodactylus sebae*
EPHIPPIDAE	*Drepane africana*
POMACENTRIDAE	*Chromis chromis*
CICHLIDAE	*Tylochromis jentinki*
	Sarotherodon melanotheron
	Oreochromis niloticus
	Tilapia mariae
	Tilapia guineensis
	Hemichromis fasciatus
	Hemichromis bimaculatus
	Thysia ansorgii
	Chromidotilapia guntheri
MUGILIDAE	*Liza dumerili*
	Liza falcipinnis
	Liza grandisquamis
	Mugil cephalus
	Mugil curema
SPHYRAENIDAE	*Sphyraena afra*
POLYNEMIDAE	*Galeoides decadactylus*
	Polynemus quadrifilis
	Pentanemus quinquarius
SCARIDAE	*Scarus hoefleri*
BLENNIIDAE	*Blennius cf goreensis*
GOBIIDAE	*Bathygobius soporator*
	Gobioides ansorgii
	Nematogobius maindroni
	Porogobius schlegelii
	Yongeichthys thomasi
	Gobionellus occidentalis
	Chonophorus lateristriga
ELEOTRIDAE	*Batanga lebrotonis*
	Bostrychus africanus
	Eleotris daganensis
	Eleotris senegalensis
	Eleotris vittata
PERIOPHTALMIDAE	*Periophtalmus papilio*
ANABANTIDAE	*Ctenopoma kingsleyae*
ACANTHURIDAE	*Acanthurus monroviae*
TRICHIURIDAE	*Trichiurus lepturus*
SCOMBRIDAE	*Scomberomorus tritor*
STROMATEIDAE	*Stromateus fiatola*
BOIDAE	*Cytharichthys stampflii*
SOLEIDAE	*Synaptura lusitanica*
	Pegusa triophtalmus
CYNOGLOSSIDAE	*Cynoglossus senegalensis*
SYNODONTIDAE	*Saurida brasiliensis*
TETRAODONTIDAE	*Ephippion guttiferum*
	Lagocephalus laevigatus
	Sphoeroides spengleri
DIODONTIDAE	*Diodon maculatus*

ANNEXE

Tirés à part présentés :

1: ALBARET J.J. et LEGENDRE M., 1985. Biologie et écologie des Mugilidae en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Intérêt potentiel pour l'aquaculture lagunaire. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 18 (4) : 281-303.

2: KERDCHUEN N. et LEGENDRE M., 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). *Aquatic living Resour.*, 4 : 241-248.

3: 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.

4: LEGENDRE M., 1986. 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.

5: LEGENDRE M., 1989.- Enquête préliminaire sur la consommation du silure *Heterobranchus longifilis* en Côte divoire. *Arch. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 12(1) : 1-12.

6: LEGENDRE M. et ALBARET J.J., 1991. Maximum observed length (MOL) as an indicator of growth rate in tropical fishes. *Aquaculture*, 94, 327-341.

7: LEGENDRE M. et ECOUTIN J.M., 1989. Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. I - Reproduction. *Aquat. Living Resour.*, 2 : 71-79.

8: LEGENDRE M. et ECOUTIN J.M., 1991. Aspects de la stratégie de reproduction de *Sarotherodon melanotheron* : Comparaison entre une population naturelle (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire) et différentes populations d'élevage. *In* : Proceedings of the 3th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 11-16 nov. 1991, Abidjan, Côte d'Ivoire. ICLARM/CRO, (à paraître).

9: LEGENDRE M. et OTEME Z., 1991. Influence du temps de latence après induction hormonale de l'ovulation sur la quantité et la qualité des ovules récoltés chez un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Pisces, Clariidae); (à paraître).

10: LEGENDRE M. et 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.

11: LEGENDRE M. et TREBAOL L., 1991. Efficacité de l'incubation buccale et fréquence de ponte de *Sarotherodon melanotheron* en milieu d'élevage (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). *In* : Proceedings of the 3th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 11-16 nov. 1991, Abidjan, Côte d'Ivoire. ICLARM/CRO, (à paraître).

12: LEGENDRE M., HEM S. et CISSE A., 1989. Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. II - Growth and rearing methods. *Aquat. Living Resour.*, 2 : 81-89.

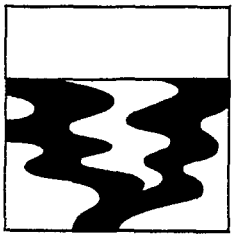
13: LEGENDRE M., TEUGELS G.G., CAUTY C. et JALABERT B., 1992. A comparative study on morphology, growth rate and reproduction of *Clarias gariepinus*, *Heterobranchus longifilis* and their reciprocal hybrids (Pisces, Clariidae). *J. Fish Biol.*, 40 : 59-79.

14: LEGENDRE M., SLEMBROUCK J., KERDCHUEN N. et Z. OTEME, 1991. Evaluation d'une méthode extensive d'alevinage des Clariidae en cages implantées en étangs. *Document ORSTOM Montpellier*, n°4, 35 p. + annexes.

ALBARET J.J. et LEGENDRE M., 1985.

Biologie et écologie des Mugilidae en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Intérêt potentiel pour l'aquaculture lagunaire.

Rev. Hydrobiol. Trop., 18 (4) : 281-303.



Biologie et écologie des Mugilidae en lagune Ébrié (Côte d'Ivoire) Intérêt potentiel pour l'aquaculture lagunaire

Jean-Jacques ALBARET (1) et Marc LEGENDRE (1)

RÉSUMÉ

Cinq espèces de mulets ont été identifiées en lagune Ébrié. Une clef de diagnose en est proposée. Mugil cephalus *(MCE) et* Liza dumerili *(LDU) y sont rares et se cantonnent dans les régions sous influence directe de l'océan.* Liza falcipinnis *(LFA) présente une répartition quasi-uniforme sur l'ensemble lagunaire alors que* Liza grandisquamis *(LGR) et* Mugil curema *(MCU) montrent une affinité très marquée pour le secteur maritime (sect. 3). Elles y sont présentes toute l'année, mais ne révèlent pas de variations d'abondance liées au cycle saisonnier.*

Ces trois espèces sont très euryhalines et capturées dans toute la gamme des salinités mesurées en Ébrié, à l'exception de MCU qui semble éviter les eaux totalement douces. Cette espèce, comme LGR présente une abondance croissante avec la salinité du milieu, contrairement à LFA dont la répartition n'apparaît aucunement liée aux gradients halins. L'influence d'autres facteurs (oxygène, turbidité...) sur la répartition est discutée.

Certaines caractéristiques des populations sont précisées : structures en tailles, relations L/P, sex-ratio. Les mâles sont numériquement dominants chez les trois espèces les plus abondantes, 72 % chez LGR qui, de plus, montre une évolution remarquable du sex-ratio en fonction de la taille.

Fondés principalement sur l'ingestion de dialomées, de détritus organiques, et de grains de sable, les régimes alimentaires des cinq espèces sont similaires et laissent supposer une certaine compétition trophique. Celle-ci serait réduite notablement par la mise en œuvre de diverses stratégies d'alimentation et par la capacité de certaines espèces, LFA en particulier, d'inclure à leur régime d'autres composants tels certains éléments du zooplancton ou même des macro-invertébrés. De plus les cyanophycées et les bactéries peuvent également entrer pour une part importante dans leur alimentation. D'une manière générale, les Mugilidae occupent une position intéressante dans le réseau trophique où ils figurent parmi les principaux utilisateurs de la production primaire au sein de l'ichtyofaune lagunaire qui en compte fort peu.

La maturation sexuelle (de MCU) et la reproduction (de LGR et de LFA) s'effectuent en milieu lagunaire. La maturation gonadique de MCU s'accomplit uniquement en secteur 3 à des salinités supérieures à 12 ‰. La reproduction de LGR est également limitée à ce secteur, elle se produit toute l'année dans l'ensemble de la gamme des salinités observées. On constate cependant que la proportion de femelles matures augmente notablement avec la teneur en sel. La zone de reproduction de LFA paraît, en revanche, être étendue à l'ensemble de la lagune et la salinité du milieu n'influe pas sur la proportion d'individus sexuellement actifs. La taille de première maturation est déterminée pour les mâles et les femelles des trois espèces dominantes.

Enfin, une large place est laissée à la discussion de l'intérêt aquacole des mulets en milieu lagunaire. Une première étape nous conduit à retenir, à la lumière des connaissances acquises sur leur bio-écologie, LFA et MCE comme étant, parmi les espèces locales, celles qui présentent le plus fort potentiel pour l'aquaculture lagunaire. Dans une seconde étape, des essais de grossissement de ces espèces selon deux modes sont envisagés :

(a) *une association en polyculture avec* Chrysichthys nigrodigitatus *en enclos lagunaire et*

(1) *Centre de Recherches Océanographiques, B.P. V 18, Adidjan, Côte d'Ivoire.*

(b) *un élevage exploitant au mieux les particularités trophiques des mulets en favorisant le développement d'une nourriture naturelle adéquate et abondante par l'implantation de structures de type « acadja » dans les enclos lagunaires.*

MOTS-CLÉS : Côte d'Ivoire — Lagune Ébrié — Eaux saumâtres — Mugilidae — Biologie — Écologie — Aquaculture.

ABSTRACT

BIOLOGY AND ECOLOGY OF MUGILIDAE IN ÉBRIÉ LAGOON (IVORY COAST)
POTENTIAL INTEREST FOR BRACKISH WATER CULTURE

Five species of mullets have been identified in the Ébrié lagoon. Three of them belong to the Liza *genus :* L. grandisquamis *(LGR),* L. falcipinnis *(LFA) and* L. dumerili *(LDU) and two to the* Mugil *genus :* M. curema *(MCU) and* M. cephalus *(MCE). A determination field key is proposed.*

MCE and LDU are quite rare in the lagoon where they are confined within the areas under direct marine influence. LFA has a rather uniform distribution in the whole lagoon system. On the contrary LGR and MCU have a strong affinity for the maritime area (sector 3) where they are present all year long but do not show any seasonal variation of abundance. These three species are very euryhaline and captured in the whole salinity range of the Ébrié except for MCU which seems to avoid fresh water. The latter, as LGR, shows increasing abundance with higher salinity, unlike LFA the distribution of which does not seem related to any salinity gradient. Influence of some other environmental factors (oxygen, turbidity...) on species distribution is discussed. Some population characteristics are investigated : size structures, length/weight relationships, sex ratio. Males are numerically dominant, 72 % in the case of LGR which, further more, shows a noteworthy evolution of the sex ratio/size relationship.

Mostly based on diatoms, organic detritus and sand grains the diets of the five species are quite similar. This allows to assume some degree of trophic competition. That one would be reduced, to some extent, by bringing several feeding strategies into use and by the ability of some species, LFA in particular, to include other components such as zooplankton elements or even macro-invertebrates into their feeding. Moreover, blue green algae and bacteria can also be an important part of the diet.

Generally speaking, Mugilidae fill an interesting position in the trophic system where they stand among the main consumers of the primary production within the lagoon ichtyofauna which numbers very few of them.

Sexual maturation (of MCU) and reproduction (of LGR and LFA) take place in the lagoon. MCU achieves gonad maturation only in sector 3, in water salinity over 12 ‰. Reproduction of LGR is restricted to that same sector, but occurs all year long in the whole salinity range though it can be noticed that the ratio of sexually mature females notably increases with water salt content. On the contrary the reproductive area of LFA seems to cover the entire lagoon and salinity does not affect the ratio for sexually active individuals. Size at first maturation has been determined for males and females of LFA, LGR and MCU.

Rearing of mullets in brackish water aquaculture is discussed in the conclusion. In a first step, and on the basis of the acquired knowledge concerning species bio-ecology, we select LFA and MCE as being those which, among local mullets, show the highest potential for fish culture. In a second step, two types of growing experiments of these species are taken under consideration :

(a) *polyculture association with* Chrysichthys nigrodigitatus *in lagoon enclosures and*
(b) *a rearing method using at their best the mullets particular trophic characteristics in promoting the production of an abundant natural food by setting up "acadja" type structures in the enclosures.*

KEY WORDS : Ivory Coast — Ébrié lagoon — Brackishwater — Mugilidae — Biology — Ecology — Aquaculture.

INTRODUCTION

Les mulets sont des éléments permanents et souvent abondants des écosystèmes côtiers, estuariens ou lagunaires. Leur aire de répartition est très vaste et couvre aussi bien les régions tropico-équatoriales que tempérées. En Afrique de l'ouest, particulièrement bien pourvue en milieux saumâtres, les Mugilidae sont représentés par deux genres : *Liza* et *Mugil*. Localement très prisés, leur importance économique est grande et ils font souvent l'objet de pêcheries spécialisées. En Côte d'Ivoire, où on les trouve inégalement répartis dans les trois systèmes lagunaires (Aby, Ébrié et Grand-Lahou), ils constituent avec les Cichlidae et les Clupeidae l'une des familles de poissons les mieux représentées en nombre d'espèces après les Carangidae.

Toutefois, les connaissances acquises sur les mulets de cette région restent fragmentaires et il a paru utile de les compléter. Les résultats exposés dans cet article, issus d'une étude plus globale des peuplements ichtyologiques de la lagune Ébrié,

ont permis d'en préciser la systématique et les grands traits de la biologie et de l'écologie.

Sur ces bases, leur intérêt pour la pisciculture dans les milieux lagunaires ivoiriens a été évalué.

1. PRÉSENTATION DU MILIEU

Les informations relatives aux lagunes ivoiriennes, et à la lagune Ébrié en particulier, ont fait l'objet d'une synthèse par DURAND et SKUBICH (1982). Parmi les publications antérieures on pourra se reporter aux études détaillées de TASTET (1974) et VARLET (1978). Plus récemment, deux aspects ont été approfondis : d'une part l'environnement climatique (DURAND et CHANTRAINE, 1982), d'autre part la production végétale (DURAND et DUFOUR, 1982). Cet ensemble de travaux a permis de définir les grandes lignes de l'hydro-bioclimat lagunaire qui se caractérise par une extrême variabilité tant au plan spatial que temporel. Sur la base des données recueillies (hydrologie, physico-chimie, production primaire ...), la lagune Ébrié a été divisée en six secteurs (fig. 1) de caractéristiques bioclimatiques différentes. Sans reprendre la description détaillée de ces secteurs présentée par ailleurs (DURAND et SKUBICH, 1982), nous en effectuerons néanmoins un très rapide rappel de manière à faciliter la compréhension des résultats exposés ci-après.

Le secteur I, composé des lagunes Aghien et Potou, est la zone la plus continentale du système lagunaire Ébrié (fig. 1). Il s'agit d'un milieu relativement stable, où l'influence marine n'est que très peu sensible.

Le secteur II, situé à l'est d'Abidjan, est au contraire très instable puisque soumis à la fois à une importante influence marine et aux crues du fleuve Comoé dont il est le lieu de passage obligé.

Le secteur III, en communication avec l'océan par l'intermédiaire du canal de Vridi, est soumis directement à l'influence marine. Les conditions de milieu y sont très fluctuantes, résultant à la fois des rythmes océaniques et de l'importance de l'apport en eau continentale qui y transite (crues saisonnières).

En comparaison, les secteurs lagunaires situés à l'ouest d'Abidjan apparaissent beaucoup plus stables. Les apports d'eau douce y sont beaucoup plus réduits et l'influence marine encore sensible en secteur IV est considérablement amortie dans les secteurs V et VI constamment oligohalins.

2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1. Techniques et plan d'échantillonnage

Le présent travail ne constitue qu'un volet particulier d'une étude plus globale des peuplements ichtyologiques de la lagune Ébrié basée sur la réalisation de pêches expérimentales. Celles-ci ont été effectuées au moyen d'une senne tournante, engin peu sélectif par sa conception (300 m de long, 18 m de chute, mailles de 14 mm de côté) et la manière dont nous l'avons utilisée dans le cadre de cette étude (pas de recherche des bancs de poissons mais encerclement « à l'aveuglette » d'une portion

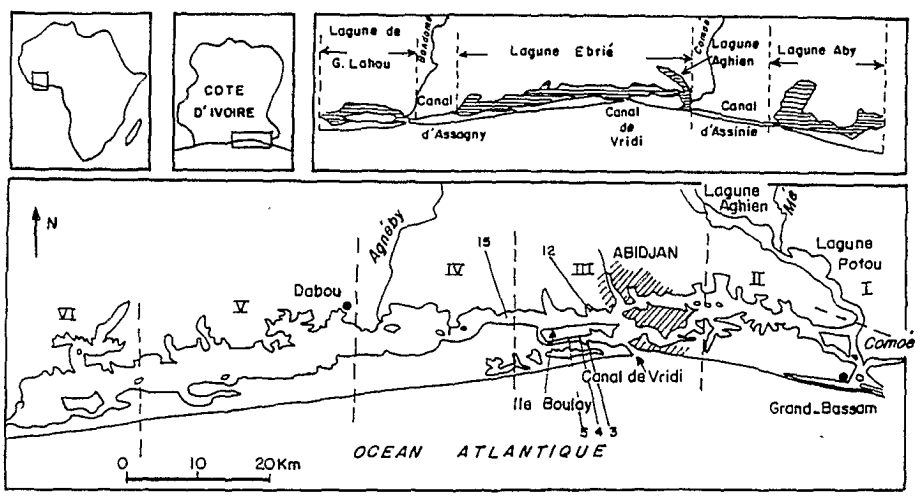


FIG. 1. — Situation de la lagune Ébrié et délimitation des différents secteurs (chiffres romains) (3, 4, 5, 12, 15 : stations d'échantillonnage, explications dans le texte)

de la lagune correspondant à une station déterminée au préalable). La profondeur de la lagune Ébrié excède rarement 10 m (profondeur moyenne de 4,8 m), aussi toute la colonne d'eau est elle échantillonnée à chaque station et un abondant matériel biologique — comprenant aussi bien des espèces pélagiques que démersales — a été récolté sur l'ensemble de la lagune.

Les pêches expérimentales ont été effectuées suivant une périodicité relativement courte, généralement tous les 2 mois, dans les secteurs réputés instables (sect. II, III et IV). Les secteurs I, V et VI beaucoup plus stables n'ont été échantillonnés qu'aux périodes caractéristiques (saison sèche et saison des pluies). Au sein de chaque secteur, l'hétérogénéité du milieu a conduit à l'échantillonnage d'un nombre variable de stations fixes (12 à 15 suivant le secteur).

Afin d'apporter des compléments d'informations sur la biologie d'un certain nombre d'espèces, une série mensuelle de traits de chalut (ouverture verticale : 1,5 m, corde à dos : 10 m, maille : 20 mm) a été réalisée en secteur III, essentiellement dans la partie située au sud de l'île Boulay (fig. 1).

2.2. Récolte des données

Lors de chaque pêche, les caractéristiques physico-chimiques du milieu (température, oxygène, pH, salinité, transparence, profondeur et nature du fond) ont été systématiquement relevées.

La faune récoltée a été triée à l'espèce puis l'ensemble, ou un échantillon important des individus de chaque espèce, a été pesé (au gramme) et mesuré (longueur à la fourche au millimètre).

Le sexe et le stade sexuel ont été déterminés ainsi que la nature des contenus stomacaux sur un certain nombre d'individus. L'échelle de maturation utilisée pour la détermination des stades sexuels par examen macroscopique des gonades est inspirée de celle donnée par DURAND et LOUBENS (1970).

Sept stades sont définis :

Stade 0 : individu immature.

Stade 1 : individu au repos sexuel (après la première maturation).

Stade 2 : individu en début de maturation.

Stade 3 : individu en maturation.

Stade 4 : individu en maturation avancée.

Stade 5 : individu mature, les produits génitaux sont émis lorsqu'une légère pression est appliquée sur l'abdomen.

Stade 6 : individu ayant émis ses produits génitaux.

2.3. Traitement et présentation des résultats

La reproductibilité de l'échantillonnage à la senne tournante (utilisée comme nous l'avons fait) a permis de considérer chaque coup de senne comme une unité d'effort stable et les abondances de chaque espèce, aussi bien en effectifs qu'en biomasses, ont donc été estimées par les prises par unité d'effort (PUE). Pour les traitements informatiques et la présentation des résultats, des regroupements par classe ont été effectués dans les mesures des différents paramètres physico-chimiques. En ce qui concerne la salinité, la dilution relative de l'eau de mer et de l'eau douce a conduit à une partition en 7 classes (0-1 ‰, 1-3,5 ‰, 3,5-7 ‰, 7-12 ‰, 12-17,5 ‰, 17,5-25 ‰ et 25-35 ‰). Pour la turbidité, mesurée de façon indirecte par la profondeur de disparition du disque de Secchi, les classes ont été établies en tenant compte d'observations antérieures basées notamment sur l'origine de l'eau (eaux marines de transparence élevée, eaux très turbides de crues). Les taux d'oxygène ont été répartis en classes de 2 mg/l.

3. DIAGNOSE

En raison de leur similitude morphologique interspécifique, les différentes catégories de mulets sont rarement distinguées dans les statistiques de pêche. C'était en particulier le cas dans les programmes d'études des pêcheries artisanales lagunaires du Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan. DAGET et ILTIS (1965) ne signalent pour leur part que deux espèces appartenant au genre *Liza* dans les lagunes de Côte d'Ivoire (*Liza grandisquamis* et *L. falcipinnis*). Au terme du programme d'étude des peuplements ichtyologiques de la lagune Ébrié, c'est en définitive cinq espèces de Mugilidae qui ont été identifiées. Nous présentons ci-après une clef de terrain simplifiée en permettant la diagnose. Il convient de préciser que cette clef est le fruit d'observations personnelles mais aussi de la compilation de travaux antérieurs (DAGET et ILTIS, 1965; BLACHE *et al.*, 1970; FOWLER, 1936 et surtout THOMSON, 1981) que l'on pourra consulter pour la description fine et la position systématique, la synonymie notamment, des espèces concernées.

(1) - Paupière adipeuse présente..... genre *Mugil* (2)
- Pas de paupière adipeuse..... genre *Liza* (3)

(2) - 8 rayons mous à l'anale. Dorsale et anale molles peu ou pas couvertes d'écailles. Pectorale très courte, n'atteint pas (ou tout juste) l'œil (66,5 à 74 % de la longueur de la tête), 14 ou 15 rangées transversales d'écailles entre l'origine de la première dorsale et celle des pelviennes. Coloration jaune des ventrales, de l'anale et du lobe inférieur de la caudale..... *Mugil cephalus*

- 9 rayons mous à l'anale. Dorsale et anale molles densément couvertes d'écailles (petites). Pectorale courte mais atteint, pliée vers l'avant, le niveau de la pupille (77 à 84 % de la longueur de la tête). 11 ou 12 rangées transversales d'écailles entre l'origine de la première dorsale et celle des pelviennes..... *Mugil curema*

(3) - 10-11 rayons mous à l'anale, 12 à 15 rangées d'écailles en ligne transversale oblique. Coloration des nageoires blanc grisâtre ; seconde dorsale, pectorales et surtout anale nettement falciformes ..... *Liza falcipinnis*

- 8-9 rayons mous à l'anale ..... (4)

(4) - Anale et lobe inférieur de la caudale jaunâtre, écailles grandes et peu nombreuses (25 à 29 en ligne longitudinale, 9 en ligne transversale oblique)..... *Liza grandisquamis*

- Anale et lobe inférieur de la caudale blanchâtres ou gris ; écailles nettement plus nombreuses (34 à 39 en ligne longitudinale, 11-13 en ligne transversale oblique, 5 à 8 canaux muqueux sur les écailles dorsales en avant de la première dorsale (seulement 1 ou moins souvent, 2 ou 3 chez les autres *Liza*)..... *Liza dumerili*

Bien qu'il ne s'agisse nullement d'un critère de distinction générique, on pourra toutefois noter que parmi les Mugilidae de la lagune Ébrié, les deux *Mugil* possèdent un processus axillaire nettement développé à la base de la nageoire pectorale, ce qui n'est pas le cas des trois *Liza*.

La coloration jaune des nageoires et le nombre d'écailles en ligne longitudinale permettent en outre de différencier le *Mugil cephalus* ouest africain de celui présent sur les côtes américaines, sud-africaines ou méditerranéennes. Sur ces seuls critères, CADENAT (1954) propose soit de considérer le *Mugil* à nageoires jaunes des côtes ouest-africaines « ... comme appartenant à une espèce particulière qui prendrait le nom de *M. ashanteensis* Bleeker, soit au minimum comme une sous-espèce *(M. cephalus ashanteensis)* qui occuperait toute la côte occidentale d'Afrique... ».

4. ÉLÉMENTS D'ÉCOLOGIE

Contrairement à ce que l'on peut observer dans d'autres lagunes ou estuaires tropicaux, en lagune Ébrié les mulets sont rarement très abondants dans les captures commerciales où ils figurent cependant régulièrement. De même, dans les pêches expérimentales, qu'elles soient effectuées à la senne tournante ou au chalut de fond, les effectifs en mulets sont toujours relativement peu importants. Ceci est sans doute le reflet d'une biomasse faible (0,4 % des captures, DURAND *et al.*, 1978) — comparée par exemple à la lagune voisine de Grand-Lahou où ils figurent parmi les groupes dominants (8 % des captures, LAE, comm. pers.) — mais est également partiellement imputable à la grande capacité d'échappement de ces poissons (1).

4.1. Répartition en lagune

Liza grandisquamis

C'est l'espèce la plus abondante dans notre échantillon de mulets, tant en effectifs qu'en poids (tabl. I). Sa PUE est quatre fois supérieure à celle de *Liza falcipinnis* et *Mugil curema* (1,6 contre 0,36 et 0,38). Ce résultat mérite d'être souligné car les effectifs de *L. grandisquamis* figurent souvent parmi les plus faibles au sein des communautés de Mugilidae ouest africains (GRAS, 1961 ; PAYNE, 1976). On peut en outre remarquer que DAGET et ILTIS (1965) présentent *L. grandisquamis* comme une forme beaucoup moins fréquemment rencontrée que *L. falcipinnis* dans les lagunes de Côte d'Ivoire, où ils n'ont, par ailleurs, pas rencontré d'autres Mugilidae. *Liza grandisquamis* a été capturé partout en lagune Ébrié à l'exception du secteur I (lagunes

TABLEAU I

Abondances de *L. grandisquamis*, *L. falcipinnis* et *M. curema* dans les pêches expérimentales en lagune Ébrié

ESPECE	L. GRANDISQUAMIS	L. FALCIPINNIS	M. CUREMA	TOTAL
Effectifs	751	132	156	1.039
%	72,3	12,7	15,0	100
Poids (g.)	57.182	16.014	17.528	90.724
%	63,0	17,7	19,3	100

(1) On a pu estimer lors de pêches expérimentales à la senne tournante à la station de plus forte abondance de mulets qu'on observait 41 échappements par saut pour 100 poissons effectivement capturés.

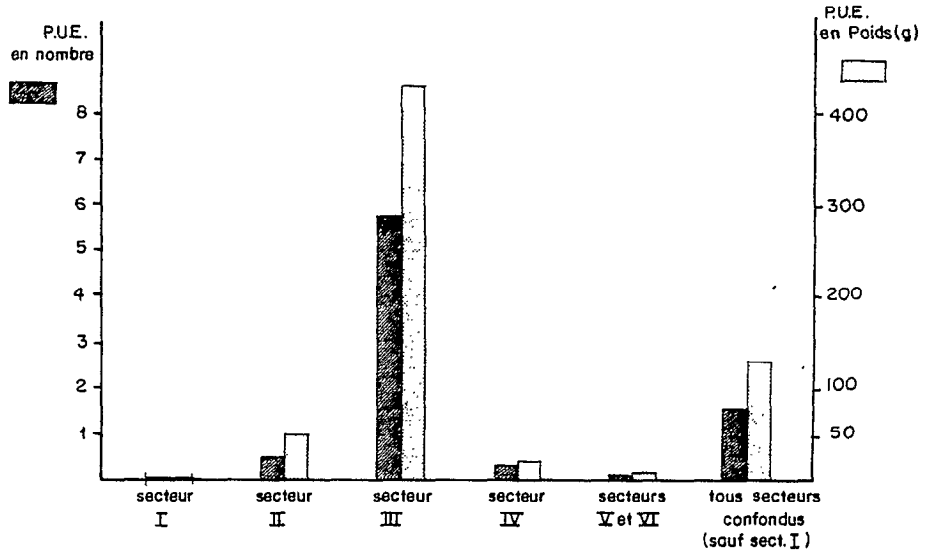


FIG. 2. — PUE globales observées pour *L. grandisquamis* dans les différents secteurs de la lagune Ébrié

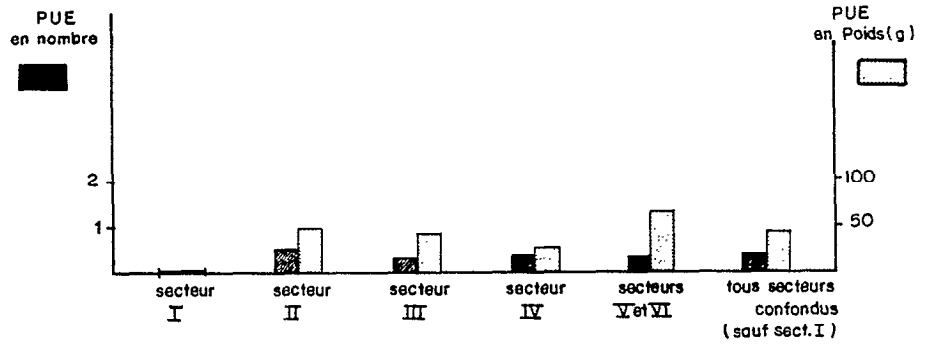


FIG. 3. — PUE globales observées pour *L. falcipinnis* dans les différents secteurs de la lagune Ébrié

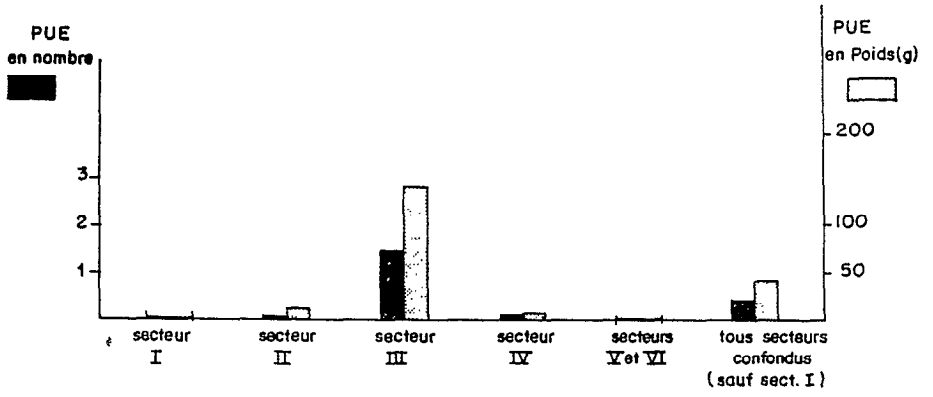


Fig. 4 — PUE globales observées dans *M. curema* dans les différents secteur de la lagune Ébrié

Aghien et Potou). Toutefois, son abondance est largement maximale en secteur III, où l'influence maritime est très prononcée et où la PUE est plus de 10 fois supérieure à celle des secteurs adjacents (fig. 2). Partout ailleurs *L. grandisquamis* se trouve en quantités inférieures ou au plus égales à *L. falcipinnis* (fig. 3). Son abondance décroît au fur et à mesure que l'on s'éloigne de la communication avec l'océan pour semble-t-il devenir nulle dans les secteurs extrêmes (I et VI) de la lagune.

Liza falcipinnis

Contrairement à *L. grandisquamis*, *L. falcipinnis* ne présente d'abondance maximum dans aucun des secteurs lagunaires. Il est partout présent en quantités sensiblement égales (fig. 3) à l'exception toutefois du secteur I où il n'a pas été capturé, mais d'où il est signalé par DAGET et ILTIS (1965). Cette répartition quasi uniforme paraît indiquer l'absence de zonation longitudinale le long d'un gradient océan-continent.

Mugil curema

M. curema est partout moins abondant que les deux *Liza* à l'exception du secteur III où il présente un pic d'abondance qui le situe à une position intermédiaire (fig. 4). Il n'a pas été capturé dans les secteurs éloignés du canal de Vridi (sect. I, V et VI) et sa répartition, comme celle de *L. grandisquamis*, semble fortement soumise à l'influence marine.

Mugil cephalus et Liza dumerili

Au cours des pêches expérimentales, seuls quelques individus de ces deux espèces ont été capturés en secteur III à proximité immédiate du canal de Vridi. On doit en outre signaler des captures épisodiques de *M. cephalus* par les pêcheries artisanales situées dans ce même secteur, mais également au niveau du canal d'Assagny (extrémité ouest du secteur VI) qui, proche de l'embouchure du Bandama à Grand-Lahou, est également sous influence marine.

4.2. Variations saisonnières de l'abondance

L. grandisquamis et *M. curema* ne sont capturés qu'occasionnellement en dehors du secteur III et il est illusoire de chercher à y mettre en évidence une quelconque périodicité de l'abondance. En secteur III où les effectifs de ces deux espèces sont les plus importants *L. grandisquamis* et *M. curema* sont présents toute l'année avec des abondances variables mais apparemment non cycliques. Chez *L. falcipinnis*, également présent toute l'année

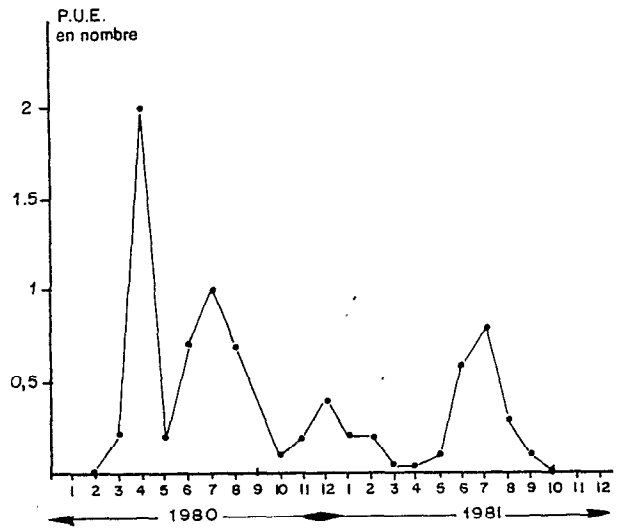


FIG. 5. — Évolution saisonnière des PUE de *L. falcipinnis* en lagune Ébrié

en lagune, on peut remarquer (fig. 5) que le léger pic d'abondance centré en juillet est répétitif en 1980 et 1981. Alors que cette espèce paraît présente en permanence mais avec des abondances variables dans les secteurs mesohalins intermédiaires II et IV, elle semble éviter le secteur III plus « marin » en saison sèche (décembre à avril).

4.3. Influence de certains facteurs de milieu sur la répartition

4.3.1. SALINITÉ

On attribue classiquement à la salinité un rôle prépondérant sur la répartition des organismes dans les écosystèmes saumâtres côtiers généralement fortement poïkilohalins. En lagune Ébrié le taux de salinité varie considérablement dans une gamme de 0 à 35 ‰ dans l'espace (horizontalement et verticalement) et dans le temps (variations semi-diurne, demi-synodique, annuelles, interannuelles) et c'est tout naturellement à ce paramètre que l'on cherchera à lier prioritairement les fluctuations d'abondance des espèces voire les successions de structures dans les peuplements.

En fait ce n'est pas tant le rôle physiologique de la concentration en sel sur la répartition des Mugilidae en tant que tel qui nous intéresse ici, que le traceur, l'indicateur synthétique de l'influence marine qu'il représente.

La figure 6 montre que *L. grandisquamis* et *L. falcipinnis* sont, en ce qui concerne leurs limites

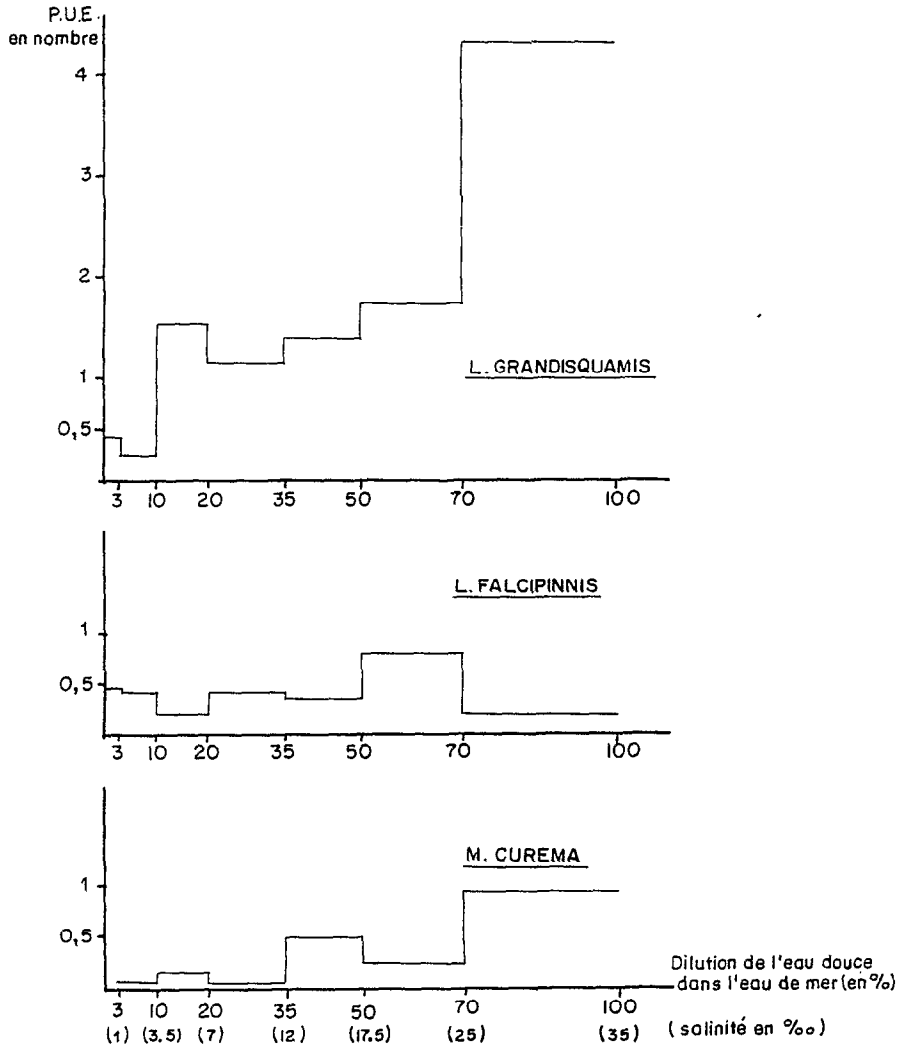


FIG. 6. — Évolution des PUE de *L. grandisquamis*, de *L. falcipinnis* et de *M. curema* en fonction de la salinité établies en secteur III pour LGR et MCU et pour l'ensemble de la lagune chez LFA.

de tolérance, totalement euryhalins puisqu'ils sont présents de 0 à 35 ‰ alors que *M. curema* semble éviter les eaux douces.

L. grandisquamis montre clairement une abondance croissante avec le taux de salinité. Les PUE sont faibles dans les deux premières classes de 0 à 3,5 ‰, elles prennent des valeurs moyennes entre 3,5 et 25 ‰ et deviennent plus de deux fois supérieures dans les eaux polyhalines à plus de 25 ‰.

M. curema montre *grosso modo* le même schéma de distribution, ne se trouvant en quantité notable que dans la classe de salinité la plus élevée.

En revanche, *L. falcipinnis* semble parfaitement euryhalin et son abondance ne paraît aucunement liée aux conditions halines du milieu.

4.3.2. Oxygène

En ce qui concerne la concentration en oxygène dissous, Durand et Skubich (1982) précisent que : « les variations naturelles constatées sont de plusieurs ordres : cycles nycthéméraux liés à l'activité biologique; gradients verticaux plus ou moins accentués en fonction de la stratification verticale et de sa stabilité; variations saisonnières liées aux fluctuations saisonnières des apports et de la production photosynthétique. A tout ceci s'ajoutent les interventions humaines ...» et ...« la variabilité est élevée et les différences apparemment constatées ne sont pas nécessairement significatives ». Variations importantes et variabilité extrême à toutes les échelles caractérisent donc ce paramètre qui paraît difficile-

TABLEAU II

PUE par classe de transparence chez *L. grandisquamis*, *M. curema* et *L. falcipinnis* en lagune Ébrié

Transparence (en décimètres)	1 - 4	4 - 6	8 - 12	12 - 26	26 - 100
L. grandisquamis ...	1,0	5,8	4,2	3,7	13,1
M. curema	0	0	0	2,4	1
L. falcipinnis	0,2	0,4	0,2	0,5	0,1

ment utilisable comme facteur explicatif de la répartition de poissons aussi mobiles, tant horizontalement que verticalement, que les mulets. En effet, si ces derniers semblent étroitement dépendants du fond pour leur alimentation (cf. § 5.2.) ils n'en demeurent pas moins aptes à se déplacer en pleine eau, voire en sub-surface. Ainsi leur capture occasionnelle dans des eaux de fond très désoxygénées, peut être interprétée comme résultant d'incursions momentanées dans ces eaux pour la recherche de nourriture. En ce qui concerne *M. curema*, il est à noter que les plus fortes captures ont été effectuées dans les eaux à faible concentration d'oxygène (moins de 2 ppm). Peut-être s'agit-il là d'une adaptation particulière de cette espèce lui permettant de réduire la forte compétition alimentaire avec les espèces concurrentes (cf. § 5.2.).

4.3.3. TRANSPARENCE

Deux aspects essentiels quant à la répartition des poissons sont englobés dans la mesure de ce paramètre : la richesse en phytoplancton et la charge en particules solides. Les valeurs mesurées en lagune Ébrié varient suivant le lieu et la saison de quelques (2 ou 3) décimètres à plusieurs mètres (6-8). Le tableau II montre que les mulets étudiés ont, à l'exception de *L. falcipinnis*, une abondance maximale dans les eaux lagunaires les moins turbides. *M. curema* n'a été capturé que dans des eaux présentant plus de 1,2 m de transparence au disque de Secchi. *L. grandisquamis* est présent en quantité notable à partir de 40 cm de transparence et abondant dans les zones où elle est égale ou supérieure à 2,6 m.

4.4. **Micro-répartition**

En ce qui concerne *M. curema*, l'essentiel des poissons, soit plus de 97 % des individus capturés en secteur III, provient des stations 3 surtout, 5 et dans une moindre mesure 4 (fig. 1). De même, c'est en ces trois stations auxquelles il convient d'ajouter les nos 12 et 15 qu'a été capturée la quasi-totalité des *L. grandisquamis* (99 % du total pêché en secteur III). C'est également à la station no 3 que les quelques *L. dumerili* et *M. cephalus* ont été récoltés.

Toutes ces stations ont en commun d'être des milieux bien abrités : baies, doigts de gant, chenal étroit et peu profond, et de présenter un fond recouvert de vase organique et de nombreux détritus végétaux en décomposition (feuilles, bois morts...).

L. falcipinnis a été capturé dans un plus grand nombre de stations aux caractéristiques variées et semble donc beaucoup plus eurybiote que les espèces précédentes.

5. ÉLÉMENTS DE BIOLOGIE

5.1. **Structures démographiques**

5.1.1. STRUCTURES EN TAILLES ET RELATIONS LONGUEUR-POIDS

Chez *L. grandisquamis*, la taille maximum observée (T.M.O.) est de 297 mm. En secteur III, où ont été réalisées environ 75 % des captures, la distribution globale en tailles montre un groupe bien individualisé présentant nettement deux pics successifs à 150-160 mm, et à 180-190 mm (fig. 7a). Ceux-ci correspondent respectivement aux valeurs modales observées dans la distribution des fréquences en tailles (D.F.T.) des mâles et des femelles (fig. 7b et 7c). Cette différence de tailles, constatée lors des différentes campagnes réparties sur l'année et observée aussi bien en saison sèche qu'en saison de crue, suggère une croissance plus rapide des femelles. QUIGNARD et FARRUGIO (1981) signalent des observations analogues chez d'autres espèces de mulets. Dans la gamme des tailles observées, aucune répartition différentielle liée à la taille n'a été mise en évidence (par secteur ou par classe de salinité).

Chez *L. falcipinnis*, la T.M.O. est de 410 mm. Les histogrammes présentés à la figure 8 n'indiquent aucune différence notable entre D.F.T. des mâles

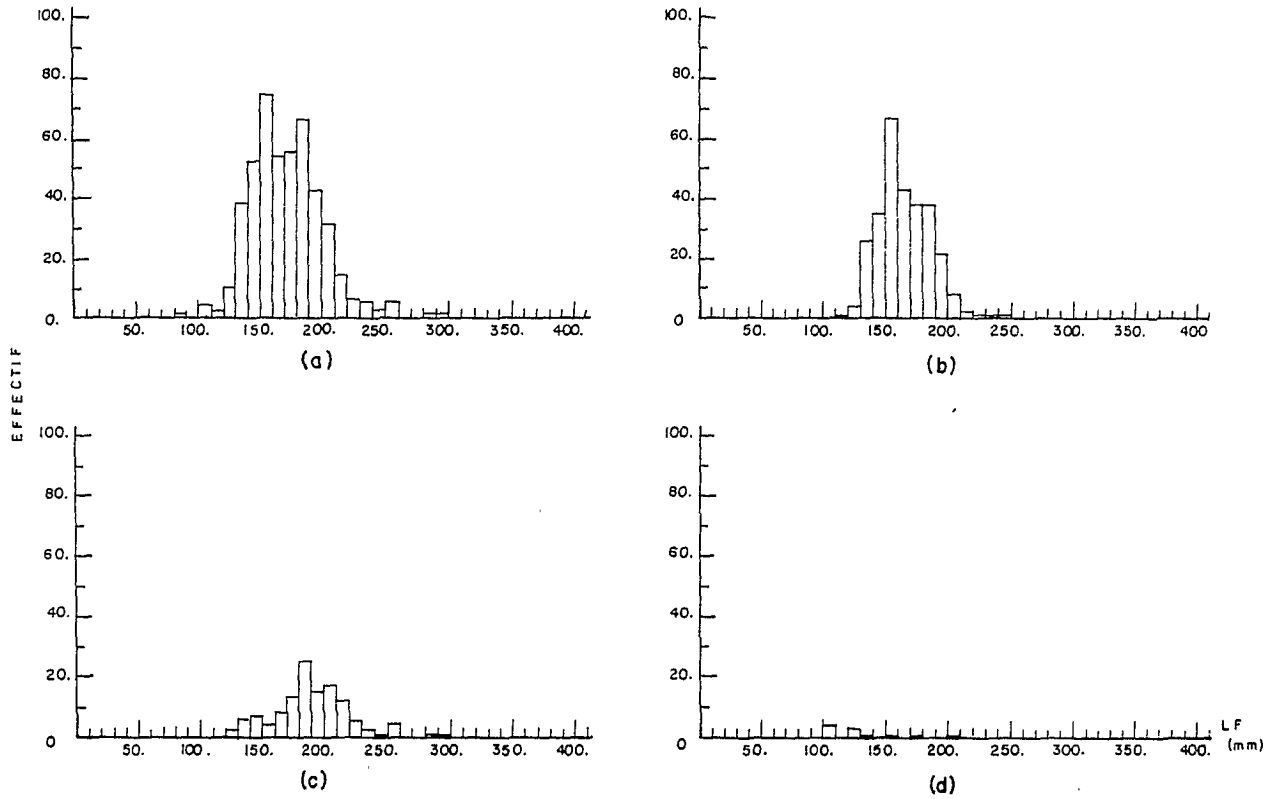


FIG. 7. — Structures en tailles de *L. grandisquamis* en secteur III. a : population globale ; b : mâles ; c : femelles : d : immatures sexe indéterminé

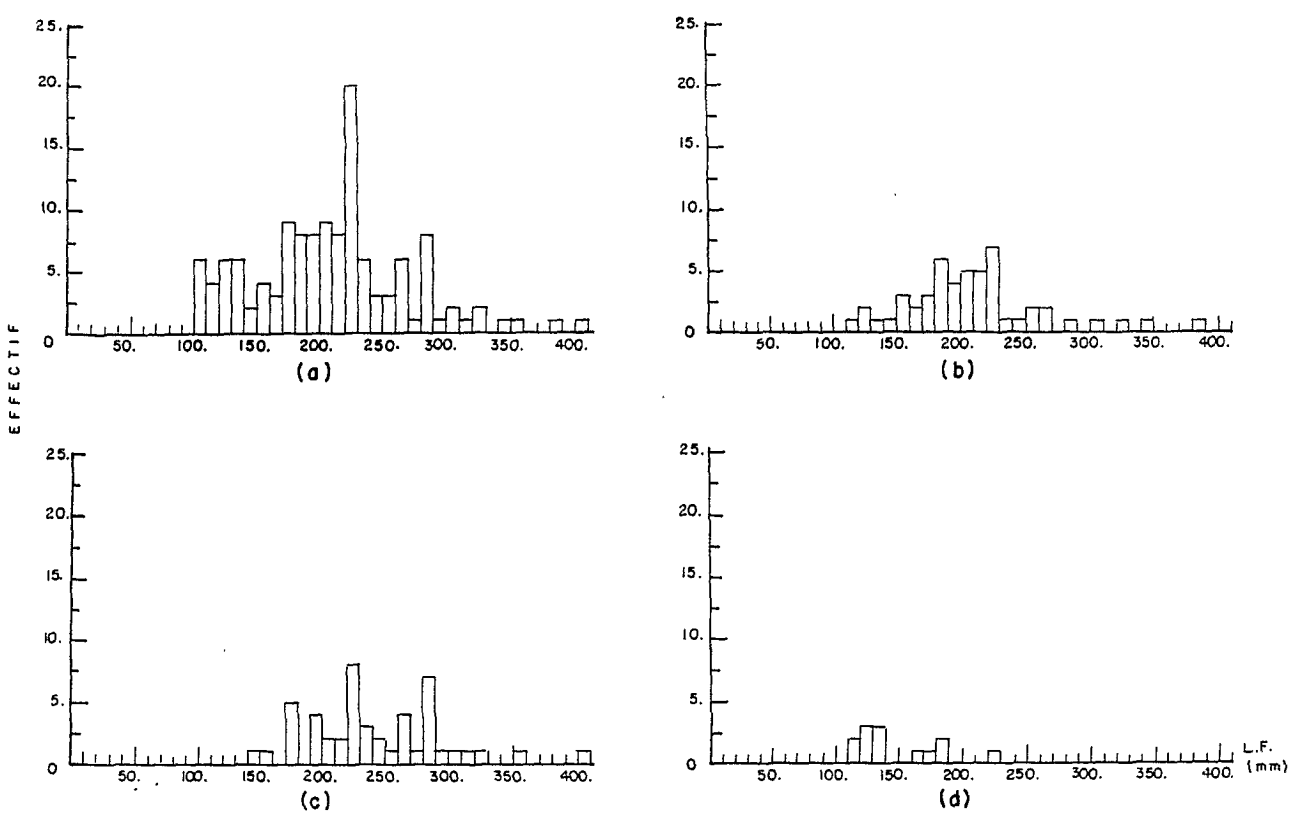


FIG. 8. — Structures en tailles de *L. falcipinnis* en lagune Ébrié. a : population globale ; b : mâles ; c : femelles ; d : immatures sexe indéterminé

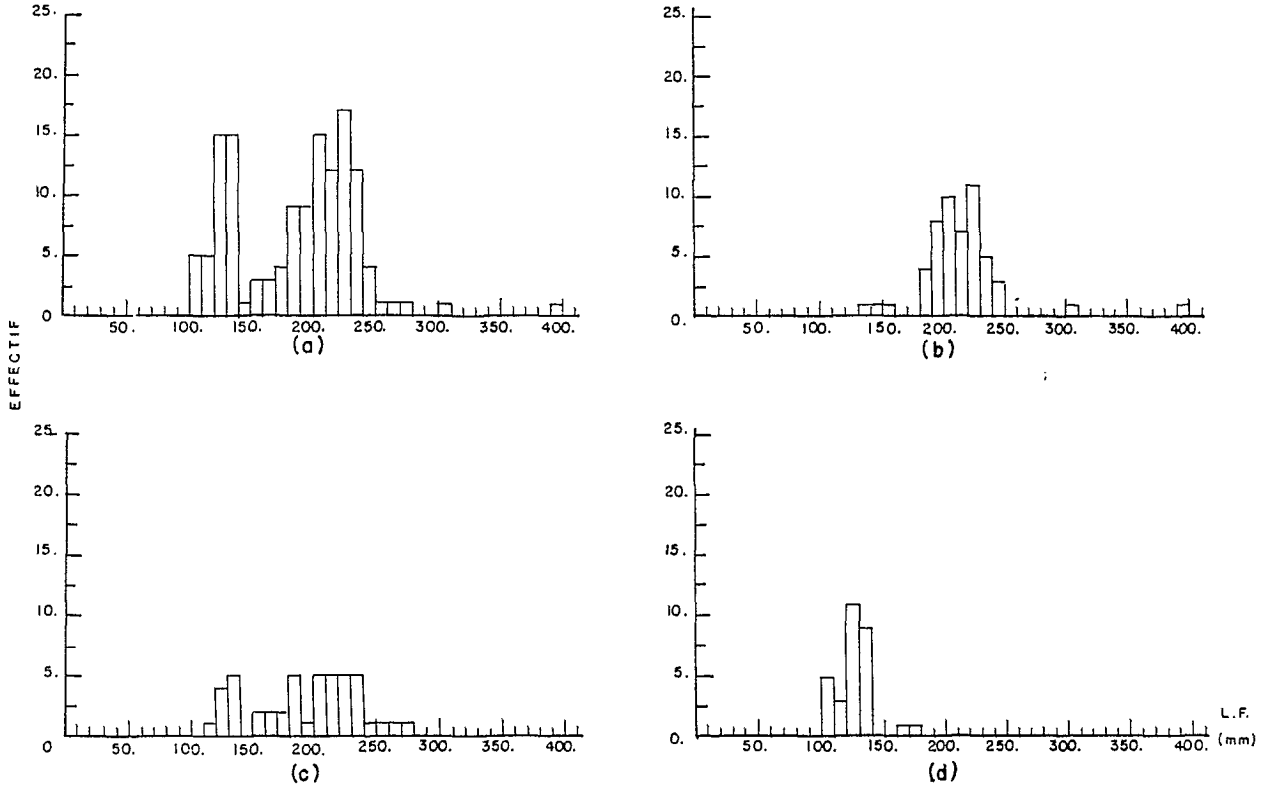


FIG. 9. — Structures en tailles de *M. curema* en secteur III. a : population globale ; b : mâles ; c : femelles ; d : immatures sexe indéterminé

et des femelles établies pour l'ensemble des secteurs lagunaires.

Chez *M. curema*, la T.M.O. est de 394 mm. Les D.F.T. établies pour le secteur III (fig. 9) montrent qu'il ne semble pas exister de différence notable entre la taille des mâles et celle des femelles. En revanche, on y observe un groupe bien individualisé (valeur modale 120-140 mm) correspondant à de jeunes *M. curema* immatures particulièrement abondants dans les captures effectuées en mai 1980.

En raison du très faible nombre d'individus observés, nous nous bornerons pour *M. cephalus* et *L. dumerili* à signaler les tailles maximales observées en lagune Ébrié. Celles-ci sont respectivement de 702 et de 210 mm.

Les relations longueur-poids ont été calculées pour les trois espèces les plus abondantes : *L. falcipinnis*, *L. grandisquamis* et *M. curema*.

Les résultats sont présentés dans le tableau III; K et B représentent les paramètres de la régression de y en x ou droite prédictive de la forme : Log poids (g) = B × Log LF (mm) + Log K.

5.1.2. Proportion des sexes

Le sex-ratio global (effectif des femelles/effectif des mâles) des trois principales espèces de mulets capturées en lagune Ébrié est donné dans le tableau IV. Il est respectivement pour *L. falcipinnis*, *L. grandisquamis* et *M. curema* de 0,92, 0,39 et 0,83.

Les mâles sont les plus nombreux chez les trois espèces, cette prépondérance n'étant signilicative que chez *L. grandisquamis* ($p < 0,01$).

Chez cette dernière espèce, le sex-ratio montre une remarquable évolution en fonction de la taille (fig. 10). On observe dans les petites tailles une nette prépondérance des mâles (80 à 90 %), puis le sex-ratio tend progressivement à s'équilibrer vers 200 mm pour ensuite s'inverser en faveur des femelles. Au-dessus d'une longueur de 255 mm, seules des femelles ont été capturées.

Une tendance analogue a été observée chez *L. falcipinnis*, mais demande à être confirmée, alors qu'aucune évolution particulière dans la relation sex-ratio/taille n'est mise en évidence chez *M. curema*

dans la gamme de tailles échantillonnées (110-260 mm).

Plusieurs hypothèses, non exclusives mutuellement, peuvent être invoquées pour rendre compte du sex-ratio global déséquilibré en faveur des mâles et de la relation sex-ratio/taille observée chez *L. grandisquamis*.

Trois de ces hypothèses nous semblent devoir être éliminées d'emblée :

— on peut écarter l'éventualité d'un biais dans la détermination des sexes compte tenu de l'état de maturation sexuelle avancé de la grande majorité des individus examinés (seulement 18 % d'immatures) ;

TABLEAU III

Valeurs des paramètres des relations longueur-poids chez *L. falcipinnis*, *L. grandisquamis* et *M. curema* (d'après BERT et ECOUTIN, 1982)

ESPECES	B	K (x 10^{-5})	Nombre de couples	Corrélation	Intervalle de validité
L. falcipinnis	2.995	1,092	72	. 994	100 - 389
L. grandisquamis	3.114	0,698	57	. 989	120 - 259
M. Curema	3.136	0,653	35	. 980	170 - 399

TABLEAU IV

Sex-ratio global des trois espèces de Mugilidae les mieux représentées en lagune Ébrié

ESPECES	Mâles (%)	Femelles (%)	Sex-ratio	Effectif
L. falcipinnis ..	52.0	48.0	0.92	98
L. grandisquamis.	72.1	27,9	0.39	620
M. curema	54.7	45.3	0.83	117

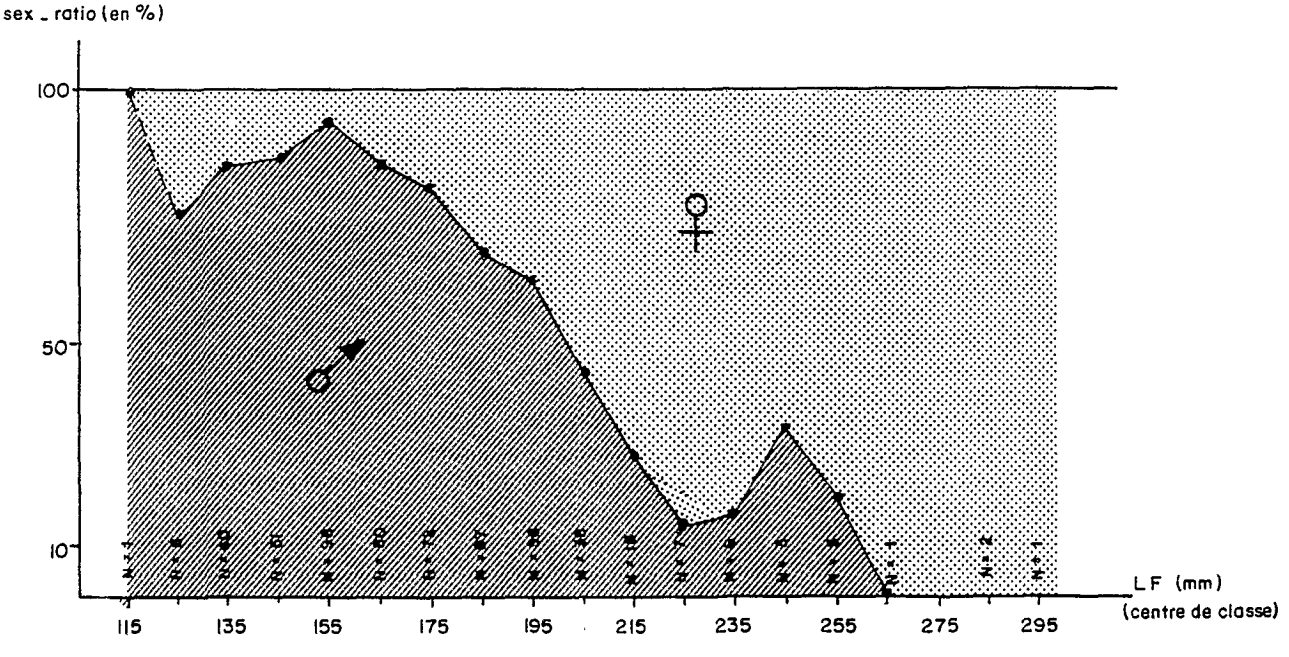


FIG. 10. — Évolution du sex-ratio en fonction de la taille chez *L. grandisquamis*

— l'existence d'un hermaphrodisme qui dans le cas présent serait de type protandrique n'est pas vraisemblable. Nous n'avons en effet jamais observé de cas d'intersexualité sur les 620 individus examinés à l'issue des pêches expérimentales;

— de même, une différence liée au sexe dans l'échappement à la capture apparaît peu probable car il n'existe pas chez *L. grandisquamis* de dimorphisme sexuel pouvant induire une quelconque sélectivité différentielle. De plus, les sex-ratios observés sont similaires que ce soit dans les captures réalisées à la senne tournante ou au chalut.

En revanche, la raréfaction des mâles et la prédominance (ou l'exclusivité) des femelles aux grandes tailles peuvent être attribuées au phénomène de croissance différentielle en faveur des femelles évoqué précédemment. Cette interprétation n'exclut cependant pas la possibilité d'une mortalité naturelle plus élevée et/ou plus précoce chez les mâles.

Toutefois, à elle seule, la différence de croissance entre les sexes ne suffit pas à expliquer la nette prépondérance des mâles aux tailles inférieures à 180 mm, d'ailleurs responsable de la valeur observée dans le sexe-ratio global.

Cette constatation conduit à envisager d'autres hypothèses :

— sex-ratio génétique différent de 1;

— mortalité plus élevée des femelles aux stades larvaires et juvéniles;

— moindre accessibilité des femelles dues à des différences éthologiques liées au sexe.

Ces différences comportementales pourraient se traduire par une répartition plus bordière des femelles en lagune à certaines périodes de leur cycle biologique ou encore par d'éventuelles migrations vers la mer.

5.2. **Régime alimentaire**

Une dizaine de contenus stomacaux de *L. grandisquamis* de 128 à 190 mm (LF) provenant du secteur maritime (sect. III) de la lagune Ébrié ont été examinés. Tous sont essentiellement composés de diatomées, de débris organiques et de grains de sable. Certains (50 % environ) contiennent également des œufs. Un examen plus approfondi montre que les diatomées appartiennent à la famille des Pennatae (genre *Nitschia* entre autres) et des Centricae. On note également la présence de cladocères en abondance, d'ostracodes et de rotifères. Ces résultats correspondent à ceux obtenus par FAGADE et OLANAYIAN (1973) dans la lagune de Lagos où *L. grandisquamis* a un régime principalement constitué de diatomées, de détritus organiques et de grains de sable.

L'examen de quelques contenus stomacaux de *L. falcipinnis* indiquent qu'en lagune Ébrié le zooplancton (copépodes calanides et cyclopides essentiellement) peut constituer pour cette espèce une source alimentaire non négligeable. On peut noter également la présence d'annélides polychètes parfois observés en grande quantité chez des individus provenant des zones lagunaires sous forte influence marine.

Chez *M. curema*, nos observations montrent la présence dans les estomacs d'algues vertes et de diatomés ainsi que celle de nombreux grains de sable et de particules détritiques.

Plusieurs études (tabl. V) mettent en évidence la grande similitude des contenus stomacaux des différentes espèces de Mugilidae, celles présentes en lagune Ébrié notamment. De même la localisation géographique ne semble pas influer de façon notable sur la composition des régimes alimentaires, ce qui n'exclut cependant pas une certaine adaptabilité (BLABER, 1976 et 1977) ni l'existence de variations saisonnières (PAYNE, 1976).

Ces données laissent donc supposer une importante compétition alimentaire. L'étude détaillée de la nutrition d'une dizaine d'espèces de Mugilidae sympatriques des estuaires sud-africains (BLABER, 1976 et 1977) montre que diverses stratégies permettent de la réduire notablement : décalage des heures d'alimentation maximale, ingestion de particules de tailles différentes (qu'elles soient inorganiques, « moulin colloïdal », ou organiques) et donc utilisation différentielle des substrats (choix du substrat et/ou exploitation spécifique d'un même substrat).

En ce qui concerne les espèces présentes en lagune Ébrié, *L. falcipinnis* semble se distinguer par la possibilité d'ingérer plus et d'assimiler mieux les algues bleues (cyanophycées) que ne le font les autres mulets, en partie grâce à un pH gastrique compris entre 2,0 et 5,0, « low enough to have some effect (on cell lysis) » (PAYNE, 1978). De plus, nos observations et celles de FAGADE et OLANAYIAN (1973) montrent que cette espèce peut inclure dans son régime alimentaire des éléments du zooplancton et des macro-invertébrés (annélides polychètes). Possibilité que seul semble partager *M. cephalus* (tabl. V).

L. dumerili a la particularité d'ingérer des particules et notamment des grains de sable plus gros que ne le font les autres espèces (observations de BLABER (1977) en Afrique du Sud sur six estuaires et de PAYNE (1976) en Sierra Leone, parmi d'autres).

En revanche, à notre connaissance, rien ne permet de distinguer significativement les régimes alimentaires de *M. curema* et de *L. grandisquamis*.

L'alimentation des formes juvéniles des Mugilidae a été étudiée par BLABER et WHITFIELD (1977) et

TABLEAU V

Éléments bibliographiques concernant le régime alimentaire des Mugilidae présents en lagune Ébrié

ESPECE / ORIGINE	*L. GRANDISQUAMIS*	*L. FALCIPINNIS*	*L. DUMERILI*	*M. CUREMA*	*M. CEPHALUS*
Lagune de Lagos (Nigéria) FAGADE et OLANIYAN (1973)	Diatomées, détritus organiques et grains de sable.	Diatomées, sable et détritus organiques principalement mais aussi : filament algaux, ostracodes écailles, copépodes.	Diatomees, grains de sable et détritus organiques.	Diatomées, grains de sable et détritus organiques.	Détritus et diatomées.
Sierra Leone PAYNE (1976, 1978)		Diatomées, détritus, sable. Algues bleues [illegible]	Détritus, sable, diatomées. Sable plus gros que chez les autres espèces, moins d'algues bleues que chez LFA.	Détritus, sable, diatomées.	Détritus, sable, diatomées
Afrique du Sud BLABER (1976, 1977)			Diatomées pennées, foraminifères, particules de matière organique, débris de plantes terrestres (sable, particules plus grosses que les autres espèces).		Diatomées pennées, foraminifères, matières organiques particulaires, débris de plantes terrestres, sable.
Mauritanie BRULHET (1974)					Mélange sable et vase : diatomées (benthiques) pennées et centriques, détritus divers, matières organiques en décomposition.
Tunisie FARRUGIO (1976)					Foraminifères et diatomées benthiques (+++), sable, vase, débris divers (+++) ostracodes, annelides (++).
Floride ODUM et HEALD (1972)					Diatomées benthiques, algues filamenteuses, particules inorganiques.

par FARRUGIO (1976). Ce dernier montre que les estomacs d'alevins (LT = 30 mm) de *M. cephalus* examinés ne contenaient que des éléments végétaux (diatomées benthiques essentiellement, f = 100 %). BLABER et WHITFIELD, quant à eux, ont étudié l'évolution du régime alimentaire avec l'augmentation en taille des formes juvéniles de onze espèces de mulets. La séquence observée est la suivante : zooplancton puis zooplancton et microbenthos et enfin microbenthos composé en grande partie d'organismes végétaux (diatomées pennées et centriques, algues vertes unicellulaires et filamenteuses, cyanophycées) et de débris végétaux (plantes terrestres...). Un décalage des périodes de ponte et donc des recrutements d'alevins permettrait d'éviter dans cette situation une trop forte compétition alimentaire entre les diverses espèces de mulets.

D'une manière générale, les Mugilidae, espèces essentiellement phytophages et détritivores se nourrissent sur le fond qu'ils sucent ou broutent. Leur position dans le réseau trophique de l'écosystème Ébrié est intéressante en ce qu'ils représentent avec l'ethmalose *(Ethmalosa fimbriata)* et les tilapias *(Tilapia guineensis* et *Sarotherodon melanotheron)* les principaux consommateurs primaires au sein de l'ichtyofaune lagunaire qui en compte au demeurant fort peu.

Comme les tilapias, ils utilisent la microflore benthique (et occasionnellement la micro- et la méiofaune) et sont comme eux aptes à consommer (lyse et digestion des cellules) les algues bleues et les bactéries (PAYNE, 1978; MORIARTY, 1976). Pour ce dernier auteur, il est clair que les bactéries ont dans l'alimentation de *M. cephalus* une importance aussi grande que les diatomées, toujours abondantes nous l'avons vu. Ce qui confirme l'opinion de FENCHEL (1971) selon laquelle « plus que les détritus eux-mêmes, ce seraient les bactéries et micro-organismes qui leur sont associés qui constituent la source alimentaire principale des détrivores ».

5.3. **Reproduction**

Les Mugilidae sont des poissons hétérosexuels chez lesquels le gonochorisme est la règle générale,

bien que l'existence d'individus hermaphrodites ait été signalée en quelques occasions. Les études portant sur la reproduction des mulets sont nombreuses et parfois approfondies (voir BRUSLÉ, 1981, pour revue), mais l'information concernant les espèces ou populations ouest-africaines reste au contraire très limitée. Il nous a donc paru utile de préciser les principales caractéristiques de la biologies de la reproduction des trois espèces les plus abondantes en lagune Ébrié : *L. falcipinnis*, *L. grandisquamis* et *M. curema*.

5.3.1. TAILLE DE PREMIÈRE MATURATION SEXUELLE

La taille de première maturation sexuelle (L50) est ici définie comme la longueur à la fourche à laquelle 50 % des poissons se trouvent à un stade avancé (supérieur ou égal au stade 3 de l'échelle

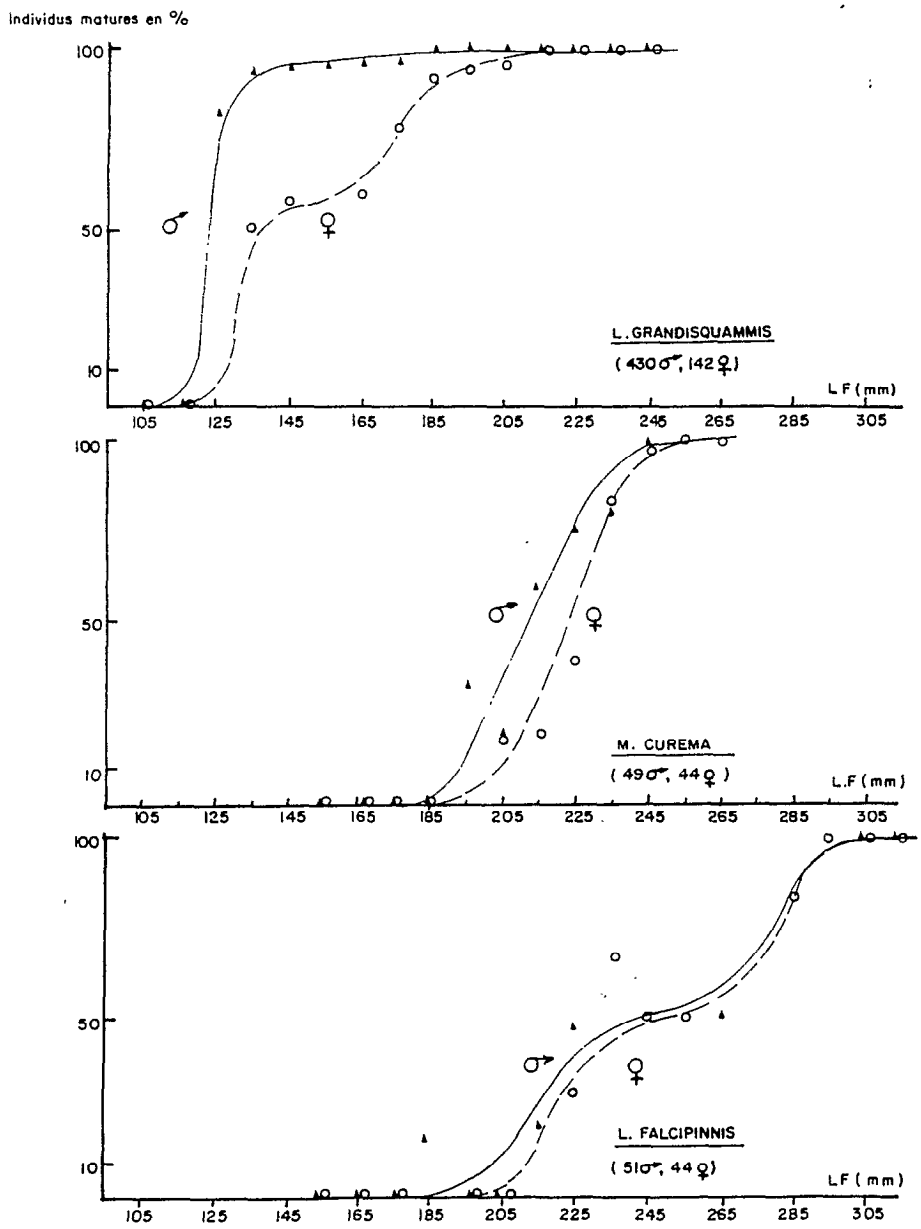


FIG. 11. — Détermination de la taille de première maturation sexuelle chez *L. grandisquamis*, *M. curema* et *L. falcipinnis*

TABLEAU VI

Caractérisation de la taille de première maturation sexuelle chez trois espèces de Mugilidae présentes en lagune Ébrié. Les longueurs (en mm) sont mesurées à la fourche

		L. grandisquamis	L. falcipinnis	M. curema
Mâles	Effectif observé	430	51	49
	L 50	123	230<<270	212
	L 95	140	environ 290	235
	Plus petit individu mature	120	188	192
les	Effectif observé	142	44	46
	L 50	140	230<<270	222
	L 95	195	environ 290	245
	Plus petit individu mature	131	214	209

de maturité) du premier cycle sexuel (ALBARET, 1977).

De plus, afin de mieux cerner l'étalement de la gamme de taille dans laquelle la première maturation est susceptible d'intervenir, il est utile de préciser, outre le L50, la longueur du plus petit individu mature ainsi que la taille à laquelle la quasi-totalité (95 %) des poissons observés est à un stade de maturité avancée. En ce qui concerne ce dernier paramètre, il nous paraît préférable d'utiliser le L95 plutôt que le L100 généralement décalé de plusieurs centimètres vers les grandes tailles du fait d'un petit nombre d'individus plus tardifs dans leur maturation sexuelle.

L'acquisition progressive de la maturité sexuelle en fonction de l'accroissement en taille des poissons est représentée sur la figure 11 pour *L. grandisquamis*, *L. falcipinnis* et *M. curema*.

La taille du plus petit individu mature capturé au cours des pêches expérimentales, ainsi que le L50 et le L95 déterminés graphiquement sont présentés dans le tableau VI. Chez *L. falcipinnis*, le nombre restreint d'individus capturés par classe de taille rend délicate une détermination précise du L50, aussi nous bornons-nous pour cette espèce à donner l'intervalle de taille à l'intérieur duquel il se situe.

A l'exception de *L. falcipinnis* chez lequel il est difficile de procéder à une comparaison de la taille de première maturité des mâles et des femelles, on constate (tabl. VI) que les mâles entrent en maturation à une taille inférieure à celle des femelles. Cela paraît d'ailleurs être le cas général chez les Mugilidae (BRUSLÉ, 1981).

Le tableau VI montre par ailleurs que la première maturation sexuelle intervient chez *L. grandisquamis* à une taille approximativement de moitié inférieure à celles observées chez *L. falcipinnis* et chez *M. curema*. Outre son intérêt biologique, ce point est important pour la détermination des potentialités aquacoles de ces espèces et nous y reviendrons ultérieurement.

5.3.2. ZONES ET PÉRIODES DE REPRODUCTION

Chez *L. grandisquamis*, la capture d'une importante proportion de femelles et de mâles mûrs (gamètes émissibles par pression abdominale) ainsi que de femelles en post-ponte indique que la reproduction (ponte) peut s'effectuer en milieu lagunaire. La possibilité d'une migration d'une partie de la population vers des sites de pontes localisés en mer n'est cependant pas à écarter.

En lagune, la zone de reproduction paraît être limitée essentiellement au secteur marin (secteur III), qui correspond à la zone de plus forte abondance de l'espèce et où la proportion d'individus sexuellement matures (90 % environ) est de loin la plus élevée. On constate (fig. 12) que si des femelles en maturation sont capturées de 0 à 35 ‰, la proportion de femelles matures augmente néanmoins considérablement avec la salinité. Cela pourrait expliquer au moins en partie que le secteur III, de salinité moyenne plus élevée que les autres secteurs lagunaires constitue une zone privilégiée pour la reproduction de l'espèce.

Chez les mâles, la maturation sexuelle apparaît au contraire beaucoup plus indépendante de ce facteur puisque la proportion d'individus matures reste toujours très élevée quelle que soit la salinité.

La figure 13, qui donne l'évolution saisonnière de l'état sexuel des mâles de *L. grandisquamis* en

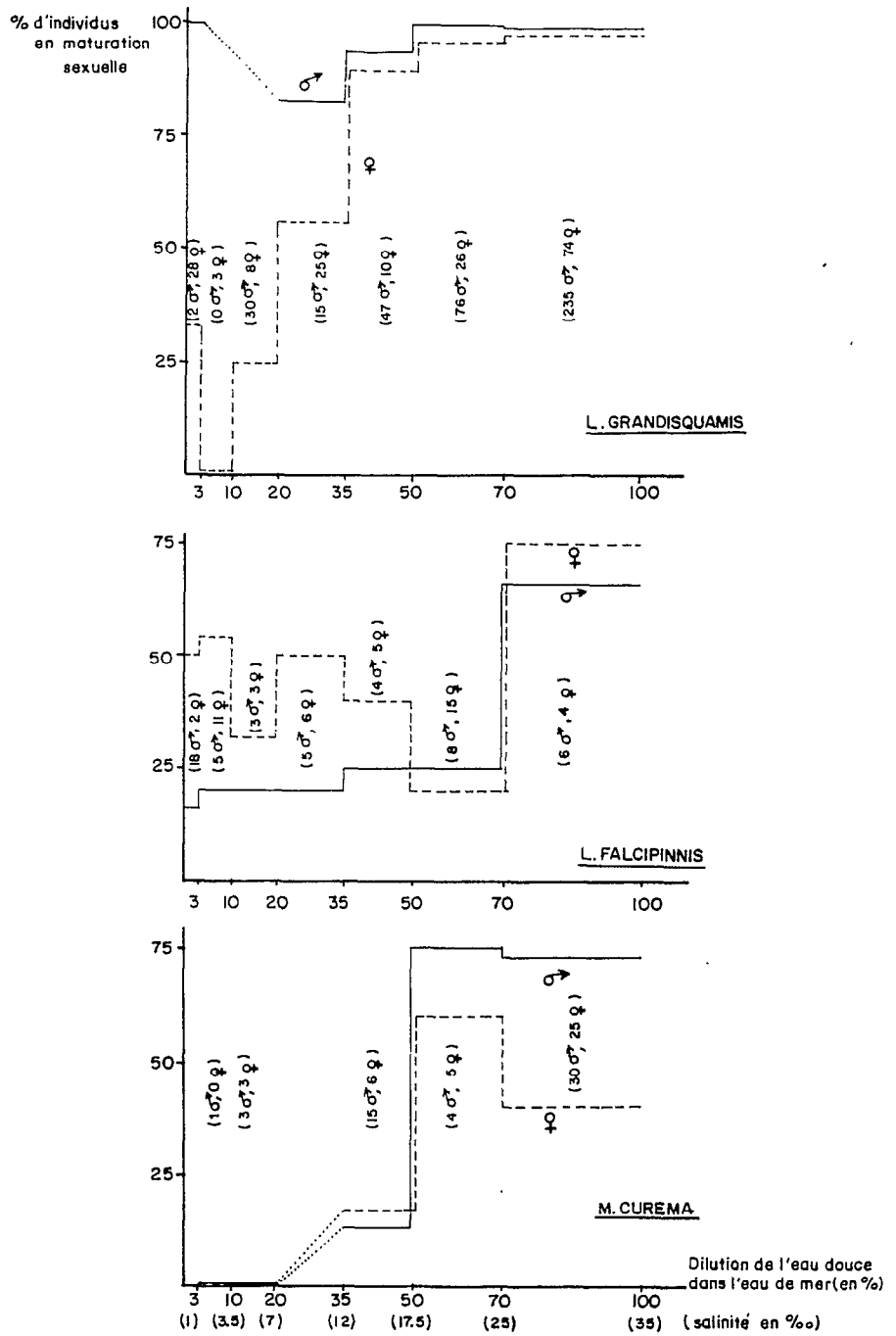


FIG. 12. — Évolution de la proportion d'individus en maturation sexuelle en fonction de la salinité chez *L. grandisquamis*, *L. falcipinnis* et *M. curema*

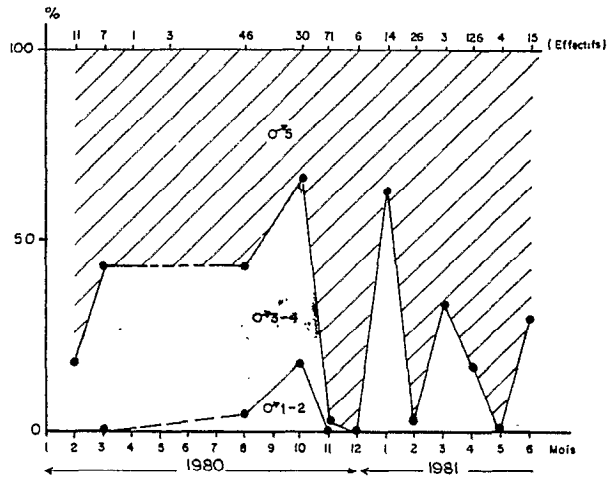


FIG. 13. — Évolution saisonnière de la proportion relative des stades sexuels chez les mâles de *L. grandisquamis* en secteur III

secteur III, révèle une forte proportion d'individus fluents (stade 5) à toute période de l'année. De même, à l'exception du mois de décembre 1980 où seulement trois femelles ont été capturées, des femelles au stade 5 de maturité sexuelle sont régulièrement observées dans les captures quelle que soit la saison.

On peut donc conclure à une reproduction continue de cette espèce au niveau du secteur marin de la lagune Ébrié sans être en mesure de préciser l'existence éventuelle de variations dans l'intensité de l'activité sexuelle au cours du cycle annuel.

Chez *L. falcipinnis*, des individus présentant une maturation sexuelle avancée sont observés dans tous les secteurs lagunaires. La présence de mâles et de femelles mûrs (stade 5) indique que la reproduction de cette espèce peut s'effectuer en lagune Ébrié ce qui, comme dans le cas de *L. grandisquamis*, n'exclut pas la possibilité d'une reproduction en mer.

La zone de reproduction de *L. falcipinnis* paraît être étendue à l'ensemble de la lagune. Des femelles au stade 5 de maturation sont en effet capturées tant en région dessalée (secteurs V et VI) qu'en secteur III et on constate (fig. 12) l'existence d'une relative stabilité de la proportion d'individus en maturation dans toute la gamme de salinité avec toutefois une augmentation de ce pourcentage pour les salinités les plus fortes.

La reproduction de *L. falcipinnis* en lagune Ébrié montre un caractère saisonnier peu marqué, mâles fluents et femelles en maturation avancée ayant été observés de façon étalée tout au long de l'année.

PILLAY (1965) rapporte que des alevins de *L. grandisquamis* et de *L. falcipinnis* peuvent être capturés en grand nombre dans le delta du Niger presque toute l'année. Bien que cet auteur suggère que la reproduction ait lieu en mer et que les alevins ne colonisent le delta que secondairement, cette observation tend à confirmer l'absence de cycle saisonnier marqué observée dans la maturation sexuelle de ces espèces en lagune Ébrié. Ce point apparaît relativement original lorsque replacé dans le contexte général de la famille des Mugilidae. En effet, BRUSLÉ (1981) donne un tableau récapitulatif des saisons de reproduction de 12 espèces de mulets dans différentes localités, dont il ressort que même en région tropicale la période d'activité sexuelle ne s'étale que rarement sur plus de quelques mois.

Contrairement aux espèces précédentes, *M. curema*, dont la répartition lagunaire se limite presque exclusivement au secteur marin (secteur III), ne se reproduit vraisemblablement pas en lagune Ébrié. Nous n'avons en effet jamais observé ni de mâles fluents, ni de femelles en pré- ou post-ponte. Des individus des deux sexes à un stade relativement avancé de maturation sexuelle (stades 3 et 4) sont toutefois rencontrés, indiquant que la maturation gonadique peut débuter en lagune mais qu'une migration vers la mer est probablement nécessaire (ou concomitante) à la réalisation des phases finales de la gamétogenèse et de la ponte. Il est à noter que les individus en maturation ne sont capturés que lorsque la salinité est supérieure à 12 ‰ (fig. 12).

6. DISCUSSION — CONCLUSION

La présente étude porte à cinq le nombre d'espèces de Mugilidae décrites en lagune Ébrié, trois d'entre elles appartiennent au genre *Liza* : *L. grandisquamis*, *L. falcipinnis* et *L. dumerili*, et deux au genre *Mugil* : *M. curema* et *M. cephalus*. Une sixième espèce, *M. bananensis*, a été identifiée lors de pêches expérimentales réalisées en mer le long du littoral mais n'a jamais, jusqu'à présent, été capturée en lagune. Cette association d'espèces se retrouve fréquemment dans les milieux saumâtres ouest-africains, notamment au Nigeria (FAGADE et OLANIYAN, 1973), au Bénin (GRAS, 1961), en Sierra Leone (PAYNE, 1976), et au Sénégal (ALBARET, 1984). Toutefois selon les lagunes ou estuaires considérés l'importance globale des mulets au sein des peuplements ichtyologiques varie notablement (en Côte d'Ivoire, c'est par exemple le cas dans les lagunes Ébrié et de Grand-Lahou), de même que l'abondance relative des différentes espèces. Ainsi *L. grandisquamis*, espèce peu représentée au Bénin (GRAS, 1961) et en Sierra Leone (PAYNE, 1976), apparaît-elle comme très abondante en lagune Ébrié.

L'association des cinq espèces identifiées n'est

observée que dans le secteur lagunaire sous forte influence marine. Ce secteur constitue la zone de répartition préférentielle de *M. curema*, de *L. grandisquamis* et de *M. cephalus* dont les abondances respectives diminuent rapidement à mesure que l'on s'éloigne de l'exutoire. *L. dumerili*, très rare en lagune, n'a pas été observé dans les autres secteurs. En revanche, l'abondance de *L. falcipinnis* reste très stable quel que soit le secteur lagunaire considéré, c'est l'espèce la plus fréquemment rencontrée dans les secteurs éloignés de la communication avec l'océan.

Il est intéressant de remarquer que le schéma de répartition des Mugilidae, en particulier de *L. grandisquamis* et *L. falcipinnis*, est dans ses grandes lignes le même dans deux milieux saumâtres aussi différents que le sont la lagune Ébrié et l'estuaire de la Casamance au Sénégal (ALBARET, 1984). En lagune Ébrié, *L. grandisquamis* présente une nette concentration dans la zone sous forte influence thalassique (secteur III, proche du canal de Vridi, fig. 1), et *L. falcipinnis*, au contraire, montre une répartition quasi uniforme sur l'ensemble du milieu lagunaire. En Casamance, *L. grandisquamis* est très abondant de l'embouchure jusqu'à Ziguinchor (soit à 50-60 km) pour devenir rare et disparaître tout à fait plus en amont alors que *L. falcipinnis* reste sur tout le cours (plus de 200 km) l'une des 3 ou 4 espèces dominantes de l'ichtyofaune casamançaise. Outre leurs caractéristiques morphologiques, les deux milieux se distinguent actuellement par des gradients respectifs de salinité inversés : le taux de salinité décroît rapidement du canal de Vridi (salinité proche de 35 ‰) vers les extrémités ouest et est de la lagune Ébrié (0-5 ‰), alors qu'il croît tout aussi rapidement de l'aval vers l'amont de la Casamance (plus de 80 ‰ en saison sèche à 200 km de l'embouchure; ALBARET, 1984). Pour expliquer la similitude de distribution des espèces observées on doit alors invoquer soit une euryhalinité relativement moindre de *L. grandisquamis* « préférant » séjourner dans des eaux dont la salinité reste voisine de l'eau de mer (mais on peut rappeler que les limites de tolérance observées pour l'espèce sont très larges : de 0 à 66 ‰), soit l'absence de rôle direct de la salinité dans la répartition de ces deux espèces extraordinairement euryhalines (de 0 à 81 ‰ pour *L. falcipinnis*), et évoquer dans ce cas l'action du « confinement » tel que défini par GUELORGET et PERTHUISOT (1983), soit plus vraisemblablement dans ce cas, une répartition selon des critères trophiques (nature des aliments eux-mêmes ou granulométrie du sédiment; BLABER, 1976 et 1977). La carte granulométrique des deux milieux ne nous est pas connue. On sait en revanche (voir paragr. 5.2) que *L. falcipinnis* se distingue des autres espèces de mulets considérées par un régime alimentaire plus « opportuniste », en particulier par la possibilité d'inclure à son régime des éléments du zooplancton et des macro-invertébrés et surtout celle d'ingérer plus et d'assimiler mieux les cyanophycées, lesquelles sont particulièrement abondantes dans les secteurs occidentaux de la lagune Ébrié (ILTIS, 1984) où cette espèce de mulet est prédominante. Nous pensons que ce large spectre alimentaire couplé à l'hyper-euryhalinité de l'espèce est à mettre directement en relation avec la très large répartition de *L. falcipinnis*.

En ce qui concerne la biologie de la reproduction, deux résultats nous semblent particulièrement remarquables car inhabituels en ce qui concerne cette famille : la possibilité pour deux espèces, *L. grandisquamis* et *L. falcipinnis* de se reproduire en lagune, et l'étalement de la période de reproduction sur toute l'année pour ces deux mêmes espèces.

Il est, rappelons-le, très généralement admis que les mulets se reproduisent en mer à des périodes bien définies. Seuls quelques cas de reproduction en eaux intérieures saumâtres ou douces sont rapportés dans la littérature (voir BRUSLÉ, 1981, pour revue) et l'on peut notamment citer celui de *M. saliens* qui se reproduit dans le lac Quarun (EL-ZARKA et EL-SEDFY, 1970). La possibilité d'une reproduction sur toute l'année paraît être plus rare chez les Mugilidae; à notre connaissance l'observation de quelques individus sexuellement matures tout au long de l'année n'est rapportée que chez *Aldrichetta forsteri*, bien que cette espèce présente une saison de reproduction nettement marquée (THOMSON, 1957).

L. grandisquamis se reproduit préférentiellement dans la région dont la salinité reste voisine de celle de l'eau de mer (bien que des individus en maturation soient rencontrés dans toute la gamme des salinités), en revanche, la zone de reproduction de *L. falcipinnis* paraît être étendue à l'ensemble de la lagune et à toute la gamme de salinité. En Casamance, des individus de ces deux espèces ont été capturés à un stade de maturité avancé jusqu'à 54 ‰ en ce qui concerne *L. grandisquamis* et 76 ‰ en ce qui concerne *L. falcipinnis* (ALBARET, 1984).

Notons toutefois que saison de reproduction étalée et zone de reproduction étendue ne sont pas nécessairement synonymes de recrutement continu en tout lieu. En effet, dans certaines situations, les caractéristiques physico-chimiques de l'eau pourraient se révéler plus ou moins favorables à la fécondation des œufs ou encore à la survie des embryons ou des larves. Dans ce sens, HINES et YASHOUV (1971) ont montré chez *M. capito* que l'activité des spermatozoïdes est plus durable lorsque ceux-ci sont activés dans des solutions de

pH et d'osmolarité les plus proches de l'eau de mer. De même, chez *M. cephalus*, si le développement embryonnaire et l'éclosion peuvent se produire à des salinités comprises entre 10 et 55 ‰, l'optimum pour la survie des larves se situe dans une gamme beaucoup plus restreinte entre 30 et 40 ‰ (LEE et MENU, 1981). On sait cependant que ces deux espèces se reproduisent en mer et il serait intéressant de connaître les limites de tolérance des gamètes, des œufs et des larves de *L. grandisquamis* et *L. falcipinnis* pour lesquels la reproduction apparaît beaucoup plus euryhaline. Ce point pourrait être d'une grande importance, notamment dans la perspective d'un éventuel développement de l'élevage de ces espèces en milieu lagunaire.

7. RÉFLEXION SUR LES POTENTIALITÉS DES MUGILIDAE POUR L'AQUACULTURE DANS LES LAGUNES IVOIRIENNES

Depuis quelques décennies, une importante somme de connaissances a été acquise, en Europe et en Asie principalement, sur la biologie et l'élevage des Mugilidae (voir OREN, 1981) et, à présent, leur intérêt pour la pisciculture n'est plus à démontrer. Celui-ci repose sur trois atouts principaux :

— une alimentation basée sur l'exploitation des premiers niveaux de la chaîne trophique;

— une grande faculté d'adaptation à des eaux de caractéristiques physico-chimiques variées et notamment une remarquable euryhalinité;

— une croissance rapide (du moins pour certaines espèces).

Les qualités des mulets ne sont pas à négliger dans le cadre du programme de développement de l'aquaculture dans les lagunes ivoiriennes. D'autant que ceux-ci, très appréciés par le consommateur ivoirien, atteignent sur les marchés un prix de vente élevé. Selon WEIGEL (1983), celui-ci est en moyenne dans la région d'Abidjan de 877 F.CFA/kg pour le poisson frais et de 1 481 F.CFA/kg pour le poisson fumé. Ce qui classe les mulets parmi les poissons les plus prisés localement, avec les mâchoirons *(Chrysichthys spp.)* et les capitaines *(Polynemus)* notamment.

En conséquence, il nous a paru intéressant de préciser les possibilités d'élevage de mulets en Côte d'Ivoire. Deux étapes ont été considérées :

— la première consiste, à la lumière de nos résultats, à effectuer une première sélection et à définir parmi les espèces représentées localement celle dont le potentiel aquacole est le plus élevé;

— la seconde, tenant compte de certaines contraintes biotechnologiques, vise à définir les modalités d'élevage les mieux adaptées.

Des cinq espèces identifiées en lagune Ébrié, *M. cephalus* est la seule dont l'intérêt pour l'élevage soit clairement établi. Elle est élevée avec succès dans diverses régions du monde depuis de nombreuses années et est considérée comme l'espèce de Mugilidae ayant le plus fort potentiel aquacole, compte tenu, entre autres, de sa croissance rapide (OREN, 1981). En outre, c'est certainement l'espèce dont la biologie et la physiologie ont été le plus étudiées et également celle dont les techniques de reproduction induite et d'élevage larvaire sont les mieux maîtrisées (NASH et SHEHADEH, 1980). Pour ces raisons, *M. cephalus* apparaît d'emblée comme l'un des candidats à privilégier pour l'aquaculture lagunaire.

En revanche, *L. dumerili*, du fait de sa faible taille maximale (280 mm, THOMSON, 1981), ne présente qu'un intérêt très limité et n'est pas à retenir. Il en est de même pour *M. bananensis* dont la taille n'atteint que 260 mm (THOMSON, 1981) et qui, rappelons-le, n'a jamais été observé en lagune Ébrié.

Parmi les trois autres espèces, plusieurs arguments incitent à privilégier le choix de *L. falcipinnis* pour l'élevage en lagune. Sa taille maximale (410 mm) et sa taille de première maturité (230-270 mm) sont plus élevées que celles de *L. grandisquamis* et de *M. curema*, et sont les indices probables d'une croissance plus rapide de cette espèce. *L. falcipinnis* est particulièrement eurybiote comme le montre sa répartition très étendue tant en lagune Ébrié qu'en Casamance. Il pourrait donc être élevé avec succès dans des zones lagunaires de caractéristiques variées. De plus, il se reproduit en lagune et sa maturation sexuelle apparaît, en comparaison de ce que l'on observe pour les autres espèces, plus indépendante de la salinité (fig. 12). Enfin *L. falcipinnis* possède un « spectre trophique » plus large que celui de ses congénères.

Bien que *L. falcipinnis* et *L. grandisquamis* aient fait l'objet d'essais d'élevage au Nigeria où ils sont particulièrement abondants (PILLAY, 1965; SIVALINGAM, 1975), on ne dispose d'aucune information précise sur leurs croissances respectives, ces espèces n'ayant pas été distinguées dans les étangs de pisciculture où elles étaient mélangées.

En conclusion, *L. falcipinnis* et *M. cephalus* sont certainement les espèces qui, au sein de la famille des Mugilidae, possèdent le plus fort potentiel pour l'aquaculture lagunaire en Côte d'Ivoire mais aussi plus largement en Afrique de l'Ouest, où leur choix nous paraît plus particulièrement recommandé.

Le plus grand problème susceptible de freiner le développement de l'élevage des mulets est l'approvisionnement en alevins, lequel constitue dans certaines régions un véritable goulet d'étranglement

(BEN-YAMI, 1981). Dans la majorité des cas, l'approvisionnement en juvéniles repose encore sur les captures effectuées dans le milieu naturel. Cette méthode présente cependant de nombreux désavantages :

— elle revêt un caractère aléatoire fonction de la variabilité interannuelle de l'abondance en juvéniles dans le milieu et de leur disponibilité suivant les localités;

— les juvéniles de plusieurs espèces de performances inégales sont souvent capturés en mélange et ne peuvent être triés que très difficilement;

— les prélèvements en juvéniles peuvent, dans certain cas, conduire avec le développement des élevages à un appauvrissement des stocks naturels;

— enfin dans certaines régions la capture des juvéniles est compromise par une pollution croissante (NASH et KONINGSBERGER, 1981). Aussi, ces deux auteurs mettent-ils l'accent sur la nécessité de s'affranchir des ressources naturelles et d'établir des techniques de reproduction contrôlée et d'élevage larvaire permettant de subvenir aux besoins des exploitations piscicoles.

Néanmoins, malgré les succès encourageants obtenus dans ce domaine chez *M. cephalus* à Taïwan (LIAO, 1974) et à Hawaii (KUO et SHEHADEH, 1980), l'application de ces techniques, qui demandent un investissement, un niveau technologique et un savoir-faire important, apparaît peu réaliste à court terme dans le contexte socio-économique actuel de nombreux pays en voie de développement.

Dans un premier temps, il est donc proposé que des essais de grossissement des mulets soient réalisés dans les lagunes ivoiriennes à partir de juvéniles capturés dans le milieu naturel, et qu'à moyen terme des recherches soient engagées pour déterminer la factibilité, au niveau local, de la reproduction contrôlée de *M. cephalus* et de *L. falcipinnis*.

Dans cette première phase, deux types d'élevage peuvent être envisagés :

(a) Une association en polyculture des mulets et des mâchoirons *(Chrysichthys nigrodigitatus)*, actuellement l'une des principales espèces sélectionnées pour l'aquaculture dans les eaux saumâtres ivoiriennes. *C. nigrodigitatus* est élevé en enclos, structure bien adaptée au milieu lagunaire (HEM, 1982), où il reçoit une alimentation artificielle sous forme de granulés.

Lors d'une étude des modifications sédimentologiques liées à l'élevage monospécifique de cette espèce, GUIRAL (1983) a mis en évidence la disparition complète de la faune benthique dans les enclos (en particulier la malacofaune). Il a de plus montré que de profondes modifications du peuplement bactérien survenaient, avec notamment une augmentation de la richesse spécifique et un accroissement de la biomasse qu'il relie à la disparition de la faune benthique les contrôlant en conditions naturelles (GUIRAL, 1985). L'introduction de mulets, consommateurs directs de bactéries (MORIARTY, 1976), dans les enclos d'élevage de mâchoirons pourrait ainsi permettre de récupérer l'énergie potentielle que représente cette biomasse bactérienne riche en protéines.

En outre, le périphyton qui se développe abondamment sur les piquets et les filets délimitant les enclos, et qui n'est pas consommé par *Chrysichthys*, constituerait une source alimentaire supplémentaire non négligeable pour les mulets. Ce qui par ailleurs, aurait comme effet de limiter le développement du « fouling » et donc de favoriser la circulation de l'eau dans les enclos.

De plus, on peut noter que les mulets, poissons de pleine eau, et les mâchoirons, plus étroitement inféodés au fond, n'entrent pas en compétition spatiale directe.

(b) Un élevage en mono- ou en polyculture, dans lequel les particularités trophiques des mulets seraient exploitées au mieux en facilitant le développement dans les enclos d'une nourriture naturelle adéquate et abondante.

Une fertilisation classique, telle qu'elle est pratiquée en étang n'est pas réalisable en milieu ouvert, mais l'on peut envisager de placer dans les enclos différents supports qui en augmentent les surfaces disponibles favorisent le développement de périphyton et de microorganismes dont les mulets peuvent directement s'alimenter. Deux exemples de ce principe d'élevage extensif ont déjà donné des résultats extrêmement encourageants :

— En lagune Ébrié, l'association de la technique des enclos avec celle des « acadjas », amas organisés de branchages (voir WELCOMME, 1972), a permis d'atteindre à l'échelle expérimentale une production en tilapias *(Sarotherodon melanotheron)* de près de 7 t/ha/an, sans aucun apport d'aliment artificiel (HEM, en préparation).

— Une technique similaire est également utilisée dans le Nord-Est brésilien depuis de nombreuses années (VON-IHERING, 1932). Il s'agit d'étangs implantés en bordure d'estuaire ou de lagune en zone de mangrove, dans lesquels sont disposés de simples branchages piqués dans le sédiment. Cette technique, pratiquée le plus souvent de manière empirique, permet d'obtenir des rendements de plus de 1 t/ha/an en mulets *(M. brasiliensis* et *M. curema)* ou en tilapias, en l'absence de toute alimentation ou fertilisation exogènes (LEGENDRE, 1985).

Par leur régime alimentaire les mulets, de même que les tilapias, semblent parfaitement adaptés à cette forme d'élevage qui peut constituer une solution aux multiples problèmes posés dans les pays en voie de développement par l'utilisation d'une alimentation artificielle (approvisionnement, conservation et coût), et apparaît à l'évidence très adaptée au développement d'une aquaculture extensive prise en charge par des populations riveraines ne disposant que de faibles moyens financiers.

Manuscrit accepté par le Comité de Rédaction le 4 février 1986 et reçu au Service des Éditions le 22 février 1986

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALBARET (J.-J.), 1977. — La reproduction de l'Albacore *(Thunnus albacores)* dans le golfe de Guinée. *Cah. ORSTOM, Série Océanogr.*, 15 (4) : 389-419.

ALBARET (J.-J.), 1984. — Premières observations sur la faune ichtyologique de la Casamance. *Cent. Rech. Océanogr. Dakar-Thiaroye. Arch.* n° 131, 22 p.

BEN-YAMI (M.), 1981. — Handling, transportation and stocking of fry. *In:* O. H. Oren (Ed.), *Aquaculture of grey mullets*, Cambridge Univ. Press : 335-359.

BERT (A.) et ECOUTIN (J.-M.), 1982. — Relations longueur-poids de 43 espèces de poissons capturés dans les lagunes ivoiriennes. *Arch. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan.* 8 (1) : 1-30.

BLABER (S. J. M.), 1976. — The food and feeding ecology of Mugilidae in the St. Lucia Lake system. *Biol. J. Limn. Soc.*, 8 : 267-277.

BLABER (S. J. M.), 1977. — The feeding ecology and relative abundance of mullet (Mugilidae) in Natal and Pondoland estuaries. *Biol. J. Limn. Soc.*, 9 : 259-275.

BLABER (S. J. M.) et WHITFIELD (A. K.), 1977. — The feeding ecology of juvenile mullet (Mugilidae in South-East African estuaries. *Biol. J. Limn. Soc.*, 9 : 277-284.

BLACHE (J.), CADENAT (J.) et STAUCH (A.), 1970. — Clés de détermination des poissons de mer signalés dans l'Atlantique oriental, entre le 20e parallèle nord et le 15e parallèle sud. *Faune Tropicale*, n° 18, *ORSTOM*, Paris, 479 p.

BRULHET (J.), 1974. — Situation et perspectives des pêcheries du mulet jaune de Mauritanie. *Pêche Maritime*, n° 1159 : 702-706.

BRUSLÉ (J.), 1981. — Sexuality and biology of reproduction in grey mullets. *In:* P. H. Oren (Ed.), *Aquaculture of grey mullets.* Cambridge Univ. Press : 99-154.

CADENAT (J.), 1964. — Notes d'ichtyologie ouest-africaine. VIII. - Sur les mulets de la Côte Occidentale d'Afrique. *Bull. IFAN* (Sér. A), 16 (2) : 584-591.

DAGET (J.) et ILTIS (A.), 1965. — Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et saumâtres). *Mém. IFAN*, n° 74, 385 p.

DUFOUR (Ph.) et DURAND (J.-R.), 1982. — La production végétale des lagunes de Côte d'Ivoire. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 15 (3) : 209-230.

DURAND (J.-R.) et LOUBENS (G.), 1970. — Observations sur la sexualité et la reproduction des *Alestes baremoze* du bas Chari et du lac Tchad. *Cah. ORSTOM. sér. Hydrobiol.*, 4 (2) : 61-81.

DURAND (J.-R.), AMON KOTHIAS (J.-B.), ECOUTIN (J.-M.), GERLOTTO (F.), HIÉ DARÉ (J.-P.) et LAÉ (R.), 1978. — Statistiques de pêche en lagune Ébrié (Côte d'Ivoire) : 1976-1977. *Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 9 (2) : 67-114.

DURAND (J.-R.) et CHANTRAINE (J. M.), 1982. — L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 15 (2) : 85-113.

DURAND (J.-R.) et SKUBICH (M.), 1982. — Les lagunes ivoiriennes. *Aquaculture*, 27 (3) : 261-272.

EL-ZARKA (S.) et EL-SEDFY (H. M.), 1970. — The biology and fishery of *Mugil saliens* (Risso) in Lake Quarum, U.A.R. *Bull. Inst. Oceanogr. Fish. Cairo*, 1 : 2-26.

FAGADE (S. O.) et OLANIYAN (C. I. O.), 1973. — The food and feeding interrelationship of the fishes of Lagos Lagoon. *J. Fish. Biol.*, 5 : 205-227.

FARRUGIO (H.), 1976. — Premières observations sur le régime alimentaire des muges des lacs Tunisiens. *Rapp. Procès-Verbaux Comm. Int. Explor. Mer Méditer.*, 23 : 45-46.

FENCHEL (T.), 1971. — Aspects of decomposer food chains in marine benthos. *Verh. dt. Zool. Ges.*, 65 : 14-23.

FOWLER (H. W.), 1936. — The marine fishes of West Africa. *Bull. Am. Mus. Nat. His.*, vol. 70 (1), 605 p.

GRAS (A.), 1961. — Liste des poissons du Bas Dahomey faisant partie de la collection du laboratoire d'hydrobiologie du service des eaux, forêts et chasses du Dahomey. *Bull. IFAN (Sér. A)*, 23 : 572-586.

GUELORGET (O.) et PERTHUISOT (J.-P.), 1983. — Le domaine paralique. Expressions géologiques, biologiques et économiques du confinement. *Presse de l'École Normale Supérieure*, Paris, 138 p.

GUIRAL (D.), 1983. — Physico-chimie et biogéochimie des eaux et des sédiments à la station d'aquaculture de Layo (lagune Ébrié, Côte d'Ivoire). *Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 14 (1) : 1-29.

GUIRAL (D.), 1985. — Modifications et transformations des écosystèmes sédimentaires par les élevages piscicoles en lagune Ébrié. *Aquaculture* (sous presse).

HEM (S.), 1982. — L'aquaculture en enclos : Adaptation au au milieu lagunaire ivoirien. *Aquaculture*, 27 (3) : 211-250.

HINES (R.) et YASHOUV (A.), 1971. — Some environmental factors influencing the activity of spermatozoa of *Mugil capito* Cuvier, a grey mullet. *J. Fish. Biol.*, 3 : 123-127.

ILTIS (A.), 1984. — Biomasses phytoplanctoniques de la lagune Ébrié (Côte d'Ivoire). *Hydrobiologia*, 118 : 153-175.

LEE (C. S.) et MENU (B.), 1981. — Effects of salinity on egg development and hatching in grey mullet *Mugil cephalus* L. *J. Fish. Biol.*, 19 : 179-188.

LEGENDRE (M.), 1985. — Rapport de mission au Brésil et en Guyane. *NDR. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, n° 01/85, 26 p.

LIAO (I. C.), 1974. — Experiments on induced breeding of the grey mullet in Taiwan from 1963 to 1973. *In : Proc. Int. Symp. on the grey mullets and their culture*, Haïfa, 2-8 June 1974.

MORIARTY (D. J. W.), 1976. — Quantitative studies on bacteria and algae in the food of the mullet *Mugil cephalus* L. and the prawn *Metapenaeus bennettae* (Racek and Dall). *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 22 : 131-143.

NASH (C. E.) et SHEHADEH (Z. H.), 1980. — Review of breeding and propagation techniques for grey mullets, *Mugil cephalus* L. *ICLARM Studies and Review*, n° 3, 87 p.

NASH (C. E.) et KONINGSBERGER (R. M.), 1981. — Artificial propagation. *In :* O. H. Oren (Ed.), *Aquaculture of grey mullets*, Cambridge Univ. Press : 265-312.

ODUM (W. E.) et HEALD (E. J.), 1972. — Trophic analyses of an estuarine mangrove community. *Bull. Mar. Sci.*, 22 (3) : 671-738.

OREN (O. H.) (Ed.), 1981. — *Aquaculture of grey mullets*. Cambridge Univ. Press, 507 p.

PAYNE (A. I.), 1976. — The relative abundance and feeding habits of the grey mullet species occurring in an estuary in Sierra Leone, West Africa. *Mar. Biol.*, 35 : 277-286.

PAYNE (A. I.), 1978. — Gut pH and digestive strategies in estuarine grey mullet (Mugilidae) and tilapia (Cichlidae). *J. Fish. Biol.*, 13 : 627-629.

PILLAY (T. V. R.), 1965. — Report to the Government of Nigeria on investigations of the possibility of brackish-water fish culture in the Niger Delta. *Rep. FAO/EPTA*, n° 1973, 52 p.

QUIGNARD (J.-P.) et FARRUGIO (H.), 1981. — Age and growth of grey mullets. *In :* O. H. Oren (Ed.) *Aquaculture of grey mullets*. Cambridge Univ. Press : 155-184.

SIVALINGAM (S.), 1975. — On the grey mullets of the nigerian coast, prospects of their culture and results of trials. *Aquaculture*, 5 (4) : 345-357.

TASTET (J.-P.), 1974. — L'environnement physique du système lagunaire Ébrié. 1 et 2. *Univ. Nationale de Côte d'Ivoire. Sér. Doc.*, n° 11, 28 p.

THOMSON (J. M.), 1957. — Biological studies of economic significance of yellow-eyed mullet, *Aldrichetta forsteri* Cuvier (Mugilidae). *Aust. J. Mar. Freshw. Res.*, 8 (1) : 1-13.

THOMSON (J. M.), 1981. — *In :* Fischer W., Bianchi G. et Scott W. B. (Eds), *Fiches FAO d'identifications des espèces pour les besoins de la Pêche*, Atlantique Centre-Est, tome 3.

VARLET (F.), 1978. — Le régime de la lagune Ébrié, Côte d'Ivoire. Traits physiques essentiels. *Trav. Doc. ORSTOM*, n° 83, 162 p.

VON-IHERING (R.), 1932. — Criação de peixes em viveiros no Recife. *Boletim da Secretaria de Agricultura*, Industria e Viação, Recife, 1 : 35-40.

WEIGEL (J. Y.), 1983. — La commercialisation du poisson en pays lagunaire. *Rapport Interne, ORSTOM*, 67 p.

WELCOMME (R.-L.), 1972. — An evaluation of the acadjas method of fishing as practiced in the coastal lagoons of Dahomey (West Africa). *J. Fish. Biol.*, 4 : 39-55.

KERDCHUEN N. et LEGENDRE M., 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).

Aquatic living Resour., 4 : 241-248.

Aquat. Living Resour., 1991, 4, 241-248

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)

Nanthawat Kerdchuen et Marc Legendre [1, *]

Centre de Recherches Océanographiques, BP V18, Abidjan, Côte d'Ivoire.
[1] Adresse actuelle : *ORSTOM, BP 5045, F34032, Montpellier Cedex 1, France.*
* *Auteur auquel toute correspondance devrait être adressée.*

Reçu le 8 mars 1991, accepté le 24 septembre 1991.

Effects of frequency and period of feeding on growth rate and feed efficiency of an African catfish, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei, Clariidae).

Kerdchuen N., M. Legendre. *Aquat. Living Resour.*, 1991, 4, 241-248.

Abstract

The effects of period (day, night) and frequency of feeding (1 to 4 meals or continuous feeding) on growth rate and feed efficiency of an African catfish (*Heterobranchus longifilis*) were studied. The 56-day experiment was realized on fish of 74 g initial mean body weight. With the same feeding ratio (3% of fish body weight/day), fish fed during the night had higher growth rate than those fed during day time; feeding throughout the nycthemeral period did not improve growth rate. The growth rate increased with the feeding frequency irrespective of the feeding period.The higher growth rates (2.36 to 2.64 $g.d^{-1}$) were observed with continuous feeding. The food conversion ratio were significantly lower for fish fed continuously than those receiving the feeding ration in separate meals. The liver-somatic index was higher in fish fed at night than in fish fed at day time. On the contrary, the fat deposition in the abdominal cavity was greater in fish fed during day time and increased with feeding frequency. The carcass analysis confirmed these observations. In practice, it is recommended to feed this fish continuously during the night, since this method of feeding led to the highest growth performance.

Keywords : *Heterobranchus longifilis*, catfish, chronobiology, feeding frequency, growth rate, Africa.

Résumé

L'influence de la période (jour, nuit) et de la fréquence d'alimentation (1 à 4 repas fractionnés ou alimentation continue) a été étudiée sur la croissance et l'efficacité alimentaire chez un silure africain (*Heterobranchus longifilis*). L'expérience, d'une durée de 56 jours, a été réalisée sur des poissons de 74 g de poids moyen initial. Avec un même taux de rationnement (3 % du poids vif/jour), les poissons nourris la nuit ont une croissance significativement plus élevée que ceux nourris le jour et un nourrissage sur l'ensemble du nycthémère n'apporte pas d'amélioration. Les performances de croissance tendent à augmenter avec l'accroissement de la fréquence d'alimentation quelle que soit la période de nourrissage, et les croissances sont significativement plus élevées avec une alimentation en continu, de 2,36 à 2,64 $g.j^{-1}$. L'indice de consommation est significativement plus faible pour les poissons nourris en continu que pour ceux recevant une alimentation par repas. Le rapport hépatosomatique est significativement plus élevé chez les poissons nourris la nuit que pour ceux nourris le jour. Par contre, les dépôts de graisse dans la cavité abdominale sont plus importants chez les individus nourris de jour et augmentent avec la fréquence des repas. L'analyse des compositions corporelles globales confirme ces observations. En pratique, il est recommandé de nourrir ce poisson en continu durant la nuit, ce mode d'alimentation conduisant aux meilleures performances de croissance.

Mots-clés : *Heterobranchus longifilis*, chronobiologie, fréquence d'alimentation, croissance, Afrique.

INTRODUCTION

Heterobranchus longifilis est un silure africain pressenti comme présentant un grand intérêt pour la pisciculture du fait de sa large répartition géographique, de sa croissance rapide, et de la rentabilité potentielle de son élevage (Legendre; 1983, 1991). La méthode d'élevage en enclos actuellement pratiquée dans les lagunes de Côte d'Ivoire met en œuvre une méthodologie classique de nourrissage, à savoir une distribution d'aliment fractionnée en 2 repas par jour en période d'éclairement. 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-midi (16 h 00) alors qu'un nourrissage le matin (7 h 30) 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 travail 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.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cette étude a été réalisée en Côte d'Ivoire à la station d'aquaculture expérimentale de Layo (4° de longitude ouest, 5° de latitude nord) dans des cages-enclos de 4 m^3 (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 dépassée 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.

Origine des poissons et conditions expérimentales

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 nycthémère (4 repas ou en continu) ont aussi été réalisés. Les modalités et les heures de nourrissage sont présentées pour chaque traitement dans le *tableau* 1.

Tableau 1. – Modalités et heures de distribution de la ration alimentaire quotidienne pour les différents traitements réalisés.

Methods and times of feeding for the different treatments.

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

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* 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.

Tableau 2. – Composition de l'aliment utilisé.

Composition of diet.

Ingrédient	%
Farine de poisson[1]	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]	2,0
Mélange minéral[3]	2,0
Phosphate bicalcique	1,0
Caractéristiques analytiques (%)	
Protéine brute	45,7
Matière grasse	5,1
Cendres	19,7
Cellulose	2,8
Extractif non azoté	15,5
Énergie digestible (kcal/100 g)[4]	293,4

[1] Provenant principalement des déchets de conserverie de thons produits par la société REAL (Recherche et Expansion de l'Alimentation Animale).

[2] Composition pour 1 kg de prémix : Vitamine A 1 760 000 U.I.; Vitamine D 3 880 000 U.I.; Vitamine E 22 000 mg; Vitamine B1 4 400 mg; Vitamine B2 5 280 mg; Vitamine B6 4 400 mg; Acid D-Pantothénique 14 080 mg; Vitamine C 151 000 mg; Ménadione Sod. Bis. (Vitamine K) 4 400 mg; Vitamine PP 35200 mg; Vitamine B12 36 mg; Acide folique 880 mg; Chlorure de choline 220 000 mg.

[3] Composition pour 1 kg de prémix: Cobalt 20 mg; Fer 17 600 mg; Iode 2 000 mg; Manganèse 10 000 mg; Cuivre 1 600 mg; Zinc 60 000 mg; Sélénium 40 mg.

[4] Calculé par les coefficients: 4,5 kcal/g protéine (Smith, 1971); 9,0 kcal/g lipide (Smith, 1971); 2,7 kcal/g glucide (Page et Andrews, 1973).

Échantillonnage et méthodes d'analyses

Tous les 14 jours, tous les poissons de chaque lot ont été pêchés puis pesés individuellement ($P \pm 1$ g) 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 périviscéral ont été prélevés et pesés ($P \pm 0{,}01$ g) pour la détermination des rapports hépatosomatique (RHS = (poids du foie/poids du poisson entier) × 100) et adiposomatique (RAS = (poids du tissu adipeux/poids du poisson entier) × 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. La matière sèche a été quantifiée après séchage à 105°C pendant 24 heures. La teneur en protéines ($N \times 6{,}25$) a été déterminée à partir des analyses d'azote selon la méthode de Kjeldahl. La teneur en cendres a été mesurée après calcination au four à moufle à 550°C pendant 6 heures et la teneur en lipides estimée par la différence: matière sèche − (protéines + cendres).

Durant l'expérience, une mortalité brutale intervenue entre le 43e et le 46e 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 = poids total d'aliment distribué/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.

RÉSULTATS

Survie, croissance et indice de consommation (*tabl.* 3)

Malgré la mortalité intervenue entre le 43e et le 46e 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.* 1; *tabl.* 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

Tableau 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).

Effect of frequency and period of feeding on growth rate, survival rate and food conversion ratio of H. longifilis *after 56 days' experiment (values in parentheses indicate coefficient of 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	72,0	73,7	75,9	75,0	74,6	74,5	73,2	73,4	77,2
	(13,7)	(13,9)	(10,4)	(11,2)	(10,9)	(11,8)	(10,1)	(12,5)	(12,3)	(10,6)
Poids final (g)	137,7	149,3	165,9	207,7	167,3	165,4	164,1	221,0	173,0	219,7
	(18,9)	(19,4)	(18,4)	(22,9)	(19,2)	(19,9)	(16,9)	(25,7)	(22,9)	(22,6)
Survie (%)	80	89	92	100	72	98	94	86	95	100
Gain de poids (%)	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.

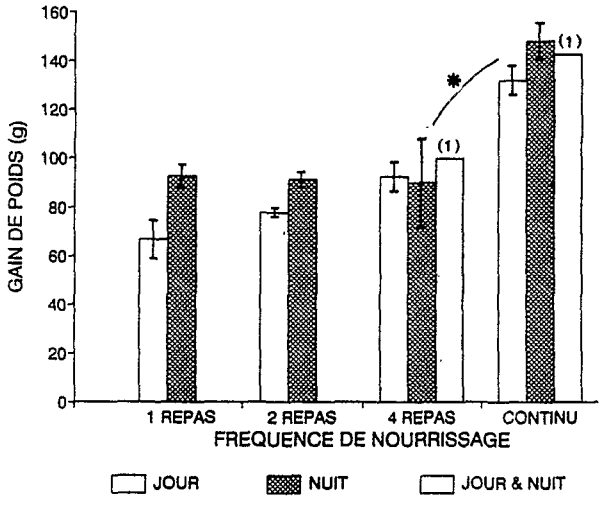


Figure 1. – Évolution du gain de poids en fonction de la fréquence et de la période de nourrissage chez *H. longifilis* (les barres verticales représentent les écarts entre réplicats; * : $p<0,05$). (1) : Observations non répliquées.

Evolution of weight gain as a function of frequency and period of feeding in H. longifilis *(vertical bars indicate difference between replicates; * : $p<0.05$). (1): Single observations.*

traitement à 4 repas distribués 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.* 1; *tabl.* 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. 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 nouris 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.

Rapports hépatosomatique et adiposomatique (*fig.* 2)

La période nycthémérale 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

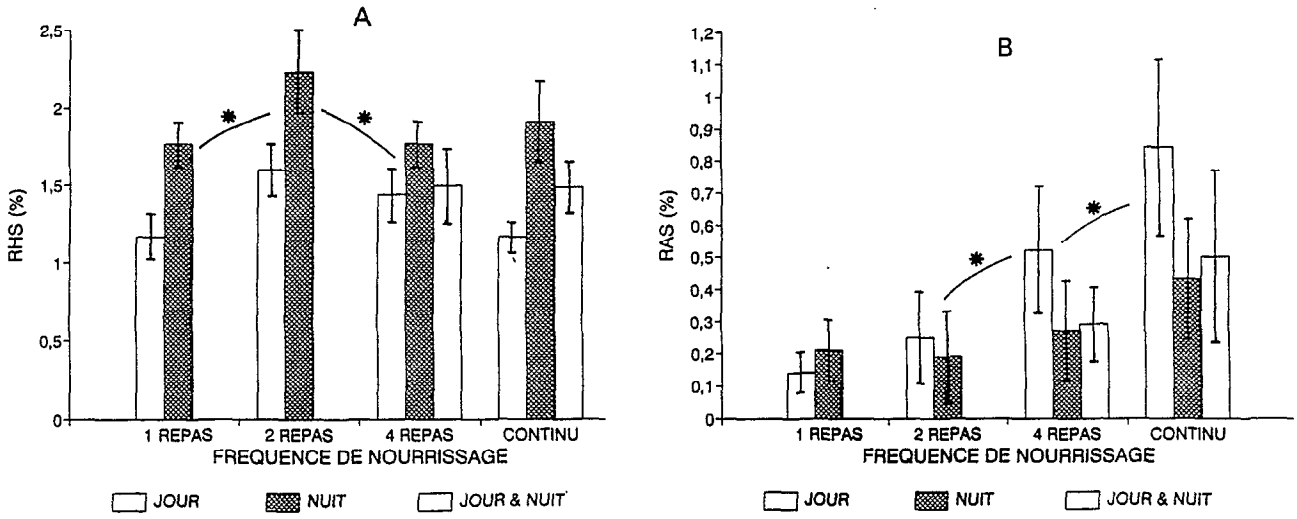


Figure 2. – Évolution du rapport hépatosomatique (A) et du rapport adiposomatique (B) en fonction de la fréquence et de la période de nourrissage chez *H. longifilis* (les barres verticales représentent l'intervalle de confiance à 95 %; * : $p < 0{,}05$).

Evolution of hepatosomatic (A) and adiposomatic (B) indexes as a function of frequency and period of feeding in H. longifilis *(vertical bars indicate confidence interval at* 95%; * : $p < 0.05$).

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.

Compositions corporelles (*tabl.* 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.

DISCUSSION

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 minimes. 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

Tableau 4. – Compositions corporelles initiales et finales de *H. longifilis* en fonction des modalités de nourrissage.

Initial and final body composition of H. longifilis *as a function of feeding method* (%).

	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

celles de la présente étude ont montré que les *Heterobranchus* maintenus à jeun pendant 72 jours s'amaigrissent à raison de 0,25 $g.j^{-1}$. 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 élevée. Ce phénomène est à associé 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 déplaçent 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 montrés que, chez *Oncorhynchus nerka*, l'hormone de croissance et la prolactine plasmatique sont plus élevées durant la phase obscure. Chez *Ictalurus punctatus*, la concentration en corticostéroides 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 chez les poissons, 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 différence 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 distribuée 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.* 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 que pour 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 œuvre 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 de 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.

Remerciements

Ce travail a été financé en partie par le GCS-BBA. Les auteurs tiennent à remercier MM. Pierre Luquet et Yann Moreau pour leurs commentaires lors de la lecture critique de ce manuscript et Monsieur Jacques Slembrouck pour son assistance technique.

RÉFÉRENCES

Andrews J. W., J. W. Page, 1975. The effects of frequency of feeding on culture of catfish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **2**, 317-321.

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 cichlids. *Trans. zool. Soc. Lond.*, **35**, 47-114.

Chua T. E., S. K. Teng, 1978. Effects of feeding frequency on the growth of young estuary grouper, *Epinephelus tauvina* (Forskal), cultured in floating net-cages. *Aquaculture*, **14**, 31-47.

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.

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.

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*. *Physiol. Zool.*, **56**, 10-17.

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.

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.

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.

Legendre M., 1983. Examen préliminaire des potentialités d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840) pour l'aquaculture en milieu lagunaire. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, **14**, 97-107.

Legendre M., 1991. Bilan des premiers essais d'élevage d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Clariidae), en milieu lagunaire (Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). Atelier international sur la recherche aquacole en Afrique, nov. 1988, Bouaké, Côte d'Ivoire. Compte rendu du Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI), Ottawa, Canada, (sous presse).

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.

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.

Meier A. H., 1984. Temporal synergism of circadian neuroendocrine oscillations regulates seasonal conditions in the gulf killfish. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **113**, 422-431.

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 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-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.

Sampath K., 1984. Preliminary report on the effects of feeding frequency in *Channa striatus*. *Aquaculture*, **40**, 301-306.

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.

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.

Spieler R. E., 1979. Diel rhythms of circulating prolactin, cortisol, thyroxine, and triiodothyronine levels in fishes: a review. *Rev. Can. Biol.*, **38**, 301-315.

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.

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.

Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan
Vol. XIV, n°2, Décembre 1983 : 97-107

EXAMEN PRELIMINAIRE DES POTENTIALITES D'UN SILURE AFRICAIN *HETEROBRANCHUS LONGIFILIS* (VALENCIENNES, 1840) POUR L'AQUACULTURE EN MILIEU LAGUNAIRE

par

Marc LEGENDRE

Centre de Recherches Océanographiques
B.P. V 18 ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

--==ooOoo==--

R E S U M E

Les premiers essais d'élevage d'*Heterobranchus longifilis* en enclos en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire) révèlent le potentiel certain que constitue cette espèce en matière d'aquaculture lagunaire. Son adaptation au milieu lagunaire (jusqu'à 7‰ de salinité au moins) paraît excellente et sa croissance y est remarquablement rapide (9,5 $g.j^{-1}$ en moyenne).

Mots-clés : Côte d'Ivoire, *Heterobranchus longifilis*, Aquaculture, Eaux saumâtres.

PRELIMINARY RESULTS ON BRACKISHWATER FISH FARMING POTENTIALITIES OF AN AFRICAN CATFISH, *HETEROBRANCHUS LONGIFILIS* (VALENCIENNES, 1840)

A B S T R A C T

First trials on *Heterobranchus longifilis* rearing in enclosures in Ebrié lagoon (Ivory Coast) show the high potential of this species for brackishwater culture. Its adaptation to the lagoon environment (up to 7‰ salinity at least) seems very good and its growth remarquably fast (mean weight gain of 9.5 $g.d^{-1}$).

Key Words : Ivory Coast, *Heterobranchus longifilis*, Aquaculture, Brackishwater

INTRODUCTION

L'intérêt des clariidés pour l'aquaculture en Afrique a été mis en évidence à la suite d'une étude réalisée sur les peuplements ichtyologiques de l'Ubangui (Micha, 1973). Depuis c'est uniquement l'élevage des *Clarias* qui s'est développé (voir notamment Richter, 1976 ; Hogendoorn, 1983), les espèces du genre *Heterobranchus* n'ayant pas fait, à notre connaissance, l'objet d'études ultérieures malgré la mise en évidence d'une croissance rapide.

Des trois espèces ouest-africaines d'*Heterobranchus*, seuls *H. isopterus* et *H. longifilis* ont été identifiés en Côte d'Ivoire, où ils sont présents dans la plupart des bassins fluviaux (Daget et Iltis, 1965). Ces auteurs les signalent également de la lagune Ebrié où ils ne sont cependant que rarement capturés. Il s'agit de formes continentales guinéennes qui ne colonisent les eaux mixohalines que de façon occasionnelle.

Dans la présente expérimentation, la croissance d'*H. longifilis* a été suivie en enclos en lagune Ebrié afin d'évaluer la potentialité de cette espèce pour l'élevage en milieu saumâtre.

1 - MATERIEL ET METHODE

Cette étude préliminaire s'est déroulée de septembre 1982 à septembre 1983 à la station expérimentale de pisciculture de Layo, sise au bord de la lagune Ebrié à 40 km à l'ouest d'Abidjan. Une description détaillée de cette station a été effectuée antérieurement (Albaret et Legendre, 1983 ; Legendre, 1983).

Les douze spécimens d'*H. longifilis* utilisés ont été capturés dans les étangs de notre station qu'ils avaient spontanément colonisés, vraisemblablement à partir de la zone marécageuse avoisinante au cours des inondations enregistrées en juin-juillet 1982. Ces individus ont reçu une marque plastique numérotée de petite taille fixée à la base de la nageoire adipeuse par un fil en nylon de faible diamètre (Fig.1). On considère que l'incidence sur la croissance de cette technique de marquage peu traumatisante est négligeable.

Les *Heterobranchus* ont été placés, en association avec des tilapias (*Tilapia guineensis* et *Sarotherodon melanotheron*), dans un enclos de 625 m^2 et de 1 m de profondeur implanté en lagune à une cinquantaine de mètres du rivage.

L'aliment fourni, un granulé à 31% de protéines (formule tilapia n°II Legendre, 1983), a été distribué en deux repas quotidiens avec une ration alimentaire journalière fixée à 5% de la biomasse de poissons présents dans l'enclos.

La longueur totale (au millimètre près) et le poids (au gramme près) des *Heterobranchus* ont été déterminés mensuellement.

La salinité, mesurée à l'aide d'un réfractomètre, et la température de la lagune ont été relevées deux fois par semaine à heure fixe.

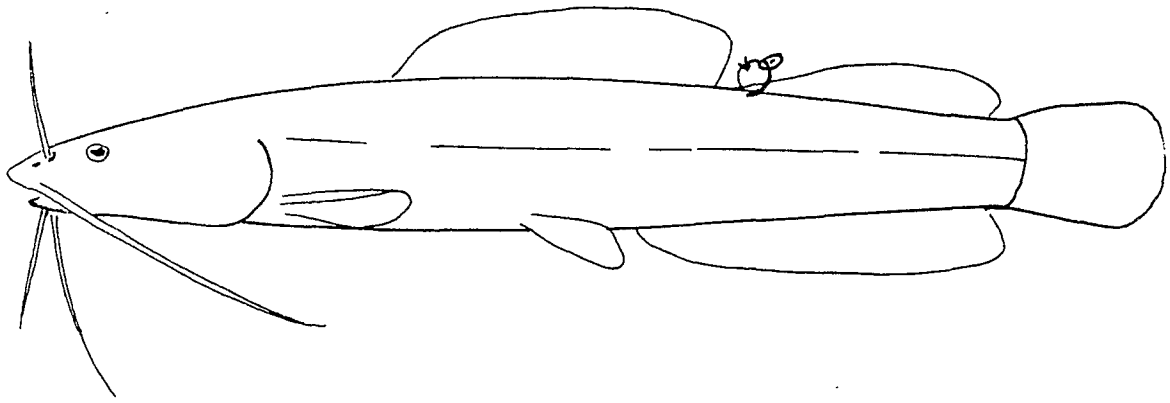


Fig.1 - Représentation d'un *Heterobranchus longifilis* (d'après Daget et Iltis, 1965) avec sa marque numérotée fixée à la base de la nageoire adipeuse.

2 - R E S U L T A T S

2.1. CROISSANCE EN LONGUEUR

Les paramètres de l'équation de Von Bertalanffy ont été calculés à partir des triplets L_1, L_2 et Δt qui donnent les accroissements en longueur (de L_1 à L_2) obtenus dans les intervalles de temps (Δt) séparant les recaptures successives des individus en observation.

L'adaptation des données au modèle de Von Bertalanffy a été effectuée par la méthode de Fabens (1965). Les paramètres K et L_∞ sont déduits de l'équation

$$L_2 = L_1 \; e^{-K \Delta t} + L_\infty (1 - e^{-K \Delta t})$$

par ajustement sur le critère des moindres carrés. Le programme d'ajustement "BGC4" de Tomlinson (1971) a été utilisé.

La courbe de croissance en longueur d'*H. longifilis* (Fig.2) de paramètres K = 1,690 et L_∞ = 863 mm, a été établie à partir de 62 triplets de données se répartissant sur des longueurs comprises entre 250 et 810 mm.

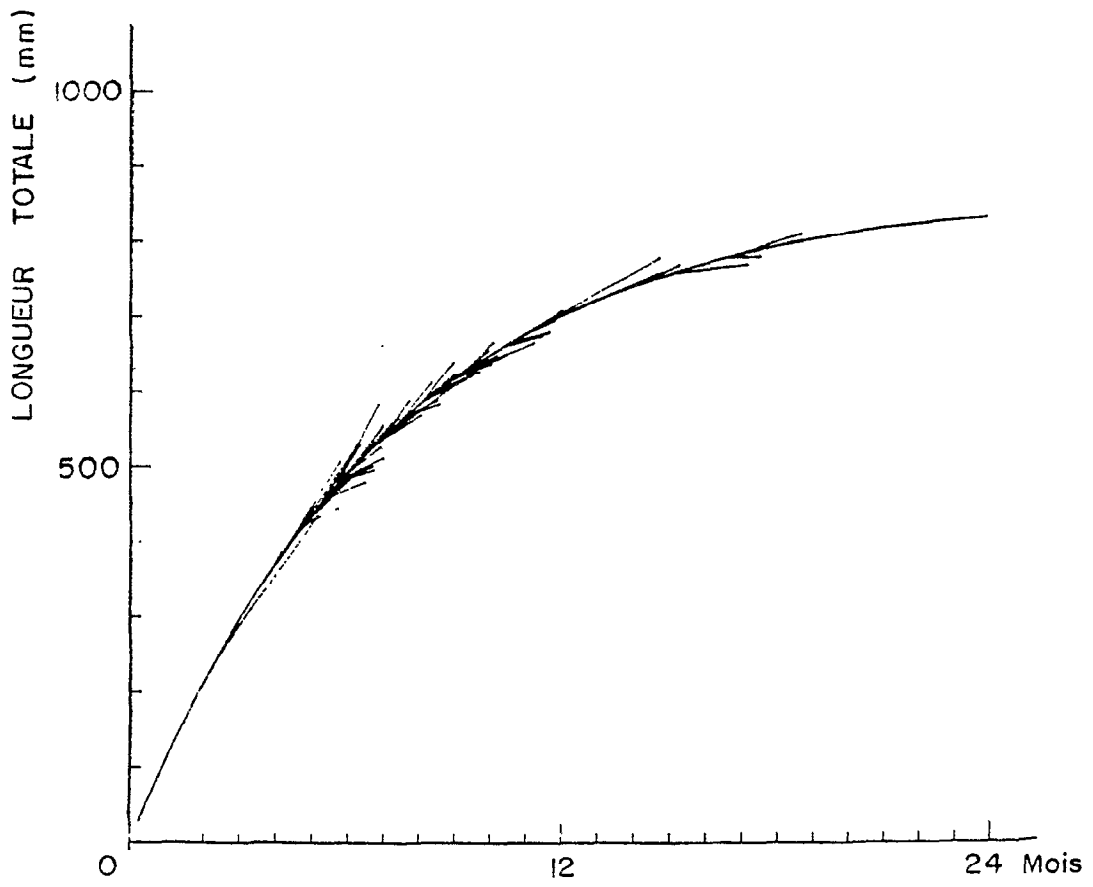


Fig.2 - Courbe de croissance en longueur d'*Heterobranchus longifilis* élevé en enclos en lagune Ebrié (L_∞ = 863 mm, K = 1.690).
———, accroissements individuels.

2.2. CROISSANCE EN POIDS

La croissance en poids est donnée dans le tableau I pour chacun des individus identifié par son numéro de marque.

On constate que, pour ces individus d'un poids initial compris entre 100 et 900 g, l'accroissement pondéral, journalier moyen évolue entre 4,8 et 12,5 $g.j^{-1}$. La moyenne pour l'ensemble des individus est de 9,5 $g.j^{-1}$ (σ = 2,2). Il est à noter que le meilleur résultat obtenu sur une période d'un mois a été une croissance individuelle de 18,6 $g.j^{-1}$.

Numéro du poisson	Début du suivi	Poids initial (en g)	Fin du suivi	Poids final (en g)	Durée du suivi (en j)	Gain en poids (en g)	Croissance journalière (en g.j-1)
885	30.09.82	106	26.04.83	1.670	207	1.564	7,6
865	30.09.82	332	26.04.83	2.115	207	1.783	8,6
895	26.10.82	318	26.04.83	2.325	181	2.007	11,1
882	06.11.82	280	26.04.83	2.085	170	1.805	10,5
837	06.11.82	481	26.04.83	2.285	170	1.804	10,6
892	15.11.82	535	22.02.83	1.395	99	860	8,7
851	15.11.82	777	26.04.83	2.795	161	2.018	12,5
833	15.11.82	555	28.03.83	1.835	133	1.280	9,6
850	23.11.82	935	28.03.83	2.445	125	1.510	12,1
200	28.12.82	563	28.03.83	996	90	433	4,8
300	25.01.83	386	26.04.83	1.111	90	725	8,1

Tableau I - Croissances individuelles (en poids) d'*Heterobranchus longifilis* élevés en enclos en lagune Ebrié.

2.3. L'ALIMENTATION

Au cours d'une expérience complémentaire réalisée en cage-enclos[1] avec quatre autres *H. longifilis*, nous avons constaté d'une part que l'aliment granulé distribué en élevage est bien accepté par cette espèce, mais d'autre part qu'elle exerce une prédation importante sur de jeunes tilapias lorsque ceux-ci sont ajoutés dans la cage.

Dans la présente expérimentation effectuée en enclos en association avec des tilapias, l'importance de cette seconde source alimentaire ne doit pas être négligée.

Dans le milieu naturel, *H. longifilis* a un régime alimentaire varié composé de vers, de graines, de fruits et de débris végétaux, mais compte tenu d'une préférence marquée pour les insectes aquatiques et les vertébrés (poissons et batraciens) Micha (1973) le considère comme un omnivore à très forte tendance carnassière. Le caractère omnivore de ce poisson est confirmé par Adebisi (1981). Notons pour mémoire que pour sa capture les pêcheurs locaux utilisent classiquement un morceau de savon en guise d'appât.

2.4. L'ADAPTABILITE A L'EAU SAUMATRE

Durant notre investigation, la salinité de la lagune à Layo a variée entre 0 et 7‰ (Fig.3). Un seul mort a été constaté et la croissance n'a pas été affectée durant les périodes de plus fortes salinités. Ce dernier point est corroboré par la proximité des courbes de croissance (Fig.4) obtenues en enclos en lagune Ebrié et en étangs d'eau douce (Micha, 1973) dans des conditions d'élevage par ailleurs assez analogues.

---

(1) Structure d'élevage initialement conçue pour le tilapia (Legendre, 1983).

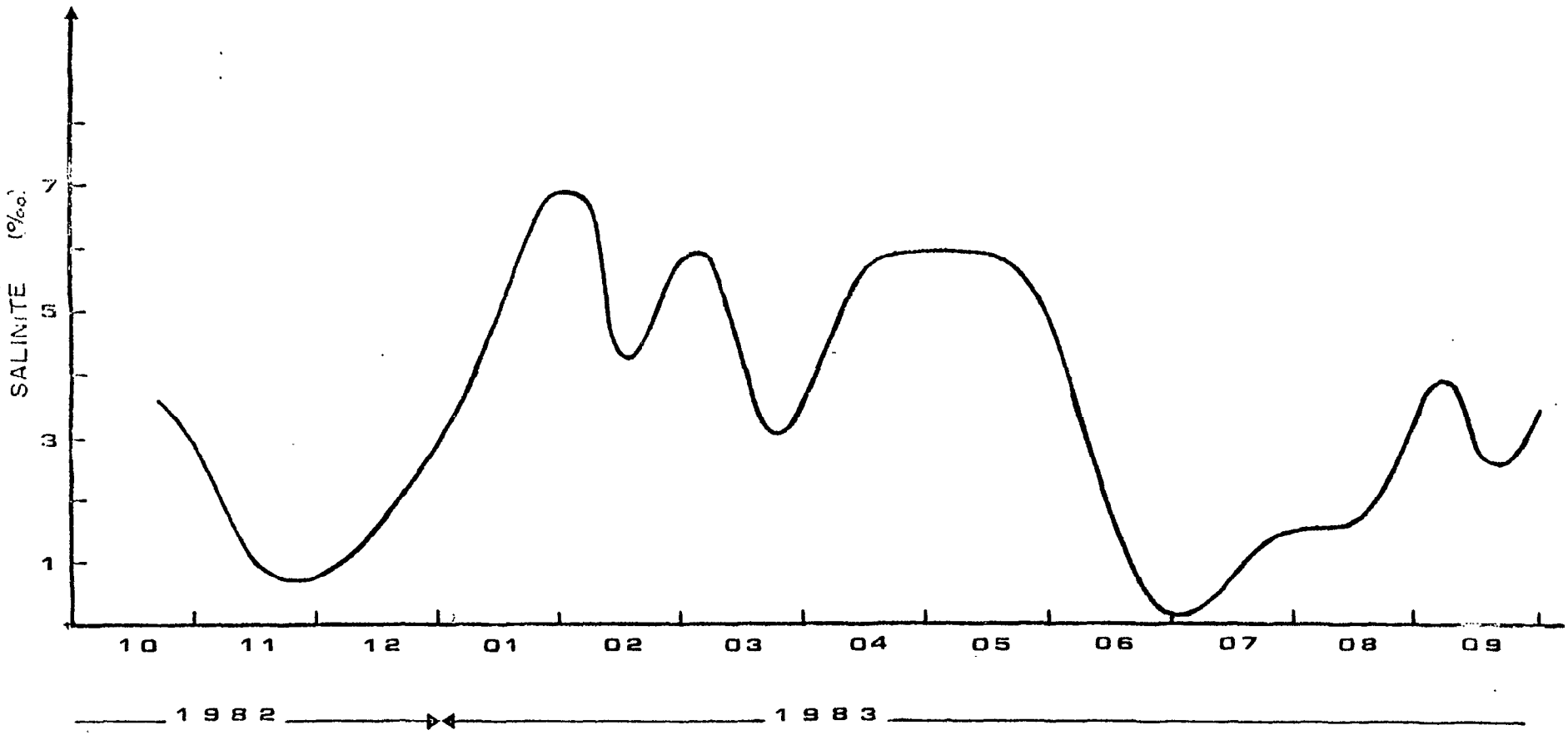


Fig.3 - Evolution de la salinité de la lagune à la station de Layo durant la période d'expérimentation. (La température de l'eau était comprise entre 25,5 et 31,5°C).

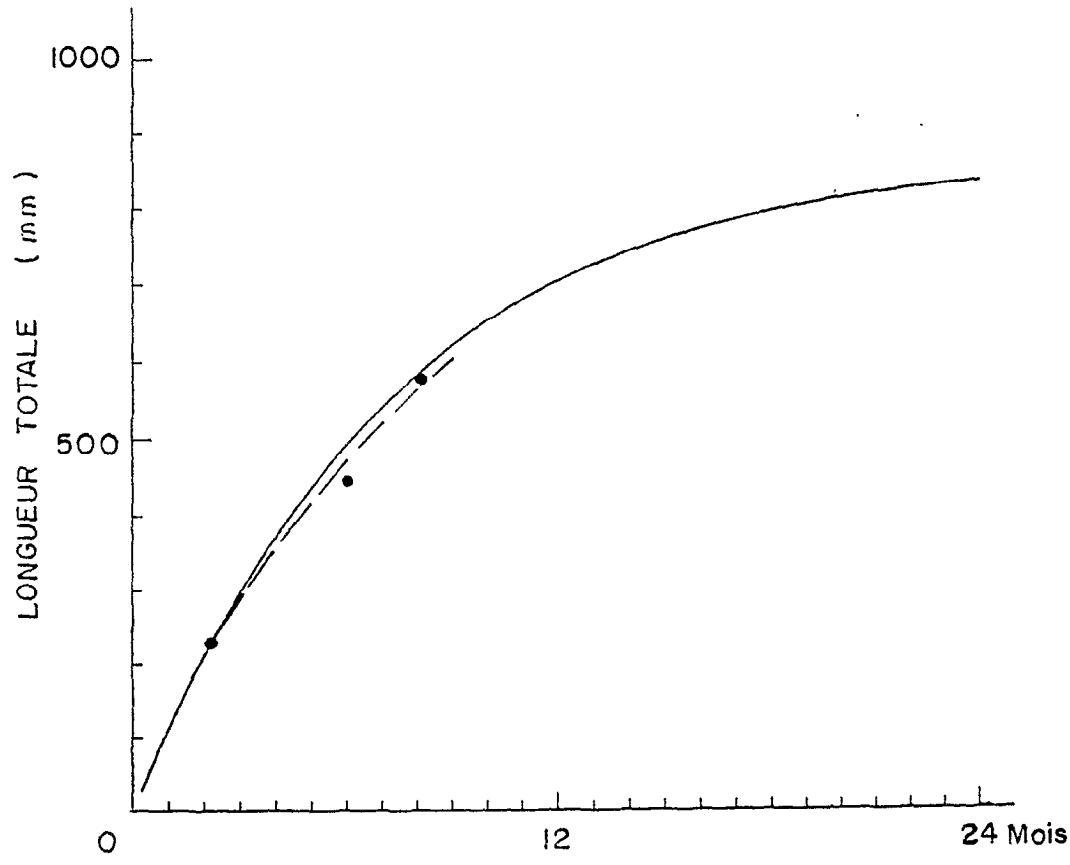


Fig.4 - Comparaison des croissances en longueur d'*Heterobranchus longifilis* obtenues en lagune Ebrié, ———— , et par Micha (1973) en étangs d'eau douce, ●— — — —●.

CONCLUSION

Ces premiers résultats obtenus en lagune Ebrié montrent que *Heterobranchus longifilis* possède un remarquable potentiel pour l'aquaculture en milieu lagunaire. En enclos, sa croissance journalière moyenne (9,5 g x j^{-1}) est extrêmement rapide. Elle est à rapprocher de celle de la carpe argentée (*Hypophthalmichthys molitrix* ; Sarig, 1970) qui figure, de ce point de vue, parmi les espèces les plus performantes actuellement utilisées en pisciculture continentale. Outre sa croissance, *H. longifilis* présente d'autres qualités fondamentales pour la pisciculture. C'est une espèce omnivore, d'une grande robustesse et capable en particulier de résister à des conditions d'hypoxie grâce à son organe de respiration aérienne accessoire situé au dessus des branchies.

En lagune, la survie et la croissance d'*H. longifilis* ne paraissent pas affectées par une eau dont la salinité peut atteindre 7‰. Sa culture en lagune peut donc être envisagée au moins dans les zones oligo-mésohalines qui couvrent une superficie considérable au sein des lagunes ivoiriennes (Durand et Skubich, 1982). L'enclos, structure d'élevage bien adaptée aux milieux lagunaires (Hem, 1982), semble convenir parfaitement à la culture d'*H. longifilis* qui y présente une bonne capturabilité.

Dans la perspective d'un éventuel développement de l'élevage lagunaire d'*H. longifilis*, il convient à présent d'approfondir prioritairement les points suivants :

- Les limites de tolérance de cette espèce à la salinité doivent être déterminées pour délimiter au mieux l'étendue des zones lagunaires aptes à son élevage.

- La croissance du stade alevin jusqu'au poids de 100-200 g est encore à déterminer. Ceci empêche, pour l'instant, une comparaison complète avec les espèces du genre *Clarias*.

- Le choix initial de *Clarias lazera* plutôt que d'*Heterobranchus* pour l'élevage en Afrique avait été déterminé essentiellement par la plus grande facilité d'obtention des alevins constatée chez la première espèce (Micha, comm. pers.). Le développement possible d'une aquaculture

d'*Heterobranchus* dépend donc d'abord d'une technique de reproduction induite permettant un cycle total en captivité.

- Enfin, en Afrique de l'Ouest, ces espèces très appréciées dans certaines populations, font localement l'objet d'interdits alimentaires dans d'autres. L'intérêt commercial de leur élevage doit donc être précisé par une étude socio-économique complémentaire.

Remerciements :

L'auteur exprime toute sa gratitude à F.X. Bard et J.M. Ecoutin pour leur contribution dans l'informatisation et la modélisation des données de croissance.

BIBLIOGRAPHIE

Adebisi A.A., 1981.- Analyses of the stomach contents of the piscivorous fishes of the upper Ogun River in Nigeria.
Hydrobiologia, 79 : 167-177.

Albaret J.J., Legendre M., 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 (1) : 57-67.

Daget J., Iltis A., 1965.- Poissons de Côte d'Ivoire (Eaux douces et eaux saumâtres).
Mém. Inst. Fr. Afr. noire, n°74, 385 p.

Fabens A.J., 1965.- Properties and fitting of the Von Bertalanffy growth curve.
Growth, 29 : 265-289.

Hem S., 1982.- L'aquaculture en enclos : adaptation au milieu lagunaire ivoirien.
Aquaculture, 27 (3) : 261-272.

Hogendoorn H., 1983.- The African catfish, (*Clarias lazera* C. et V., 1840). A new species for aquaculture.
Dissertation, Agriculture University, Wageningen, The Netherlands, 135 p.

Legendre M., 1983.- Observations préliminaires sur la croissance et le comportement en élevage de *Sarotherodon melanotheron* et de *Tilapia guineensis* en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire).
Doc. Sc. Cent Rech. Océanogr. Abidjan, 14 (2) : 1-36.

Micha J.C., 1973.- Etude des populations piscicoles de l'Ubangui et tentatives de sélection et d'adaptation de quelques espèces à l'étang de pisciculture.
Centre Technique Forestier Tropical, Paris, 110 p.

Richter C.J.J., 1976.- The African catfish, *Clarias lazera* (C. et V.), a new possibility for fish culture in tropical regions ?
Miscellaneous Papers, Landbouwhogeschool, Wageningen, The Nederlands 13 : 51-71.

Sarig S., 1970.- Initial results of silver carp (*Hypophthalmichthys molitrix*) breeding in israeli fishponds in 1969.
Bamidgeh, 22 (4) : 95-100.

Tomlinson P., 1971.- (Programmer). BGC4, in Abramson computers programs for fish stock assessment.
FAO Fish. Techn. Pap., 101, 2 (5) : 126-135.

LEGENDRE M., 1986.

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.

Aquaculture, 55 (1986) 201—213
Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam — Printed in The Netherlands

SEASONAL CHANGES IN SEXUAL MATURITY AND FECUNDITY, AND HCG-INDUCED BREEDING OF THE CATFISH, *HETEROBRANCHUS LONGIFILIS* VAL. (CLARIIDAE), REARED IN EBRIE LAGOON (IVORY COAST)

MARC LEGENDRE

Centre de Recherches Océanographiques, B.P. V 18 Abidjan (Ivory Coast)

(Accepted 18 February 1986)

ABSTRACT

Legendre, M., 1986. 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.

Oocyte maturation and ovulation were induced with human chorionic gonadotropin (HCG) in the African catfish, *Heterobranchus longifilis*. Females with a mean oocyte diameter of at least 1.1 mm were used. 100% ovulation was obtained after a single intramuscular HCG injection of between 1.0 and 2.5 I.U./g body weight; a lower dose led to high variability in individual response. Latency time depended more on temperature than on the hormone dose. Eggs could be stripped within 14 h of a dose of 1.5 I.U./g of HCG, at a temperature of 27 to 29°C. After stripping, most of the eggs were fertilized, and high percentages of normal larvae (76% ± 8) were obtained after hatching. Fish hatched in captivity and becoming sexually mature at 1 year of age (mean weight 1.5 kg) were, in turn, artificially reproduced.

Seasonal changes in oocyte diameter (determined by periodic intraovarian biopsy of brooders reared in lagoon enclosures) showed a clear decrease in sexual activity at the beginning of the dry season (December) which seemed to be related to higher water temperature. However, even at that time, good quality eggs were obtained after HCG injection. Thus, eggs and fry could be produced all year round, although the mean quantity of eggs collected per female kg proved to be much less at the beginning of the dry season (26 000 ± 14 000) than during the rainy season (68 000 ± 13 000).

INTRODUCTION

The general potential of Clariidae in aquaculture was initially demonstrated in the Central African region by Micha (1973). Since then, work dealing with the biology and culture of *Clarias*, especially *C. gariepinus*, has been carried out (see reviews by Richter, 1976; Bruton, 1979; Hogendoorn, 1983; Legendre and Jalabert, 1986), whereas no further work was undertaken with species of the genus *Heterobranchus*, despite initial indications of fast growth and a frequently mentioned potential interest for aquaculture

0044-8486/86/$03.50 © 1986 Elsevier Science Publishers B.V.

(Awachie, 1976; Bard et al., 1976; Maletoungou, 1976; Micha and Franck, 1976). It is only recently that grow-out trials, carried out in enclosure polyculture with tilapias (Legendre, 1983) or in pond monoculture (Dia et al., 1986), have definitely confirmed the great potential value of *Heterobranchus longifilis* for fish culture. Although it is considered as a continental form only rarely found in mixohaline waters (Daget and Iltis, 1965), *H. longifilis* can be cultured in fresh water or brackish water. Its adaptation and growth appeared to be excellent in the lagoon environment, in waters up to 7 $g \cdot l^{-1}$ salinity (Legendre, 1983). However, to this day, the lack of fry supply has constituted a major obstacle to the culture of this species in Africa. To overcome this shortage, research has been initiated at the Abidjan Oceanographic Research Centre with a view to developing a reliable method of controlled reproduction allowing mass production of *H. longifilis* eggs and fry.

Successful induced breeding of fish using different substances with direct or indirect gonadotropic action has been reported for several species and has been recently reviewed by Fontaine (1976), Harvey and Hoar (1980) and Lam (1982). Even for fish species which can undergo natural spawning in captivity, induced ovulation followed by artificial fertilization is generally preferred in order to achieve a greater control over fry production. The problem in a number of cases is that the procedures in use still suffer from a lack of standardization and thus may prove difficult to repeat in different contexts because the various parameters affecting the results are not carefully defined.

The purpose of the current study was to determine the minimal effective dosage of human chorionic gonadotropin (HCG) needed to induce ovulation in *H. longifilis* and the corresponding latency response, and to establish techniques for the selection of brooders, injection, artificial fertilization and egg incubation.

In order to obtain information for broodstock management, parallel investigations were conducted to determine seasonal changes in sexual maturity, the weight and age at first maturation and the fecundity of *H. longifilis* reared in the Ebrié Lagoon.

MATERIALS AND METHODS

This study was carried out between February 1984 and July 1985 at the Layo Aquaculture Research Station, located 40 km west of Abidjan on the edge of the Ebrié Lagoon. In the station area, the water characteristics are strongly influenced by the vicinity of the Agneby River estuary in the lagoon (Albaret and Legendre, 1983; Guiral, 1983).

Origin and maintenance of brooders

Two groups of brooders were used; the first was composed of 20 wild-spawned individuals that had penetrated ponds on the station. These fish

were collected and placed in enclosures at a density of 1 fish per 5 m^2, and held there for 2 years prior to the beginning of the experiments. The second group was composed of individuals hatched and reared in captivity after the induced spawning of some of the females from the first group. These fish were reared in ponds for 10 months after hatching, then transferred to enclosures at a density of 1 fish per 2 m^2. The fish in this group became sexually mature at 1 year of age (mean weight 1.5 kg).

In both cases, the fish were fed with a 32% protein pelleted feed, distributed 6 days a week with a daily ration of 3% biomass.

Seasonal changes in sexual maturity

Seasonal changes in sexual maturity were followed within the first group of females on the criterion of their mean oocyte diameter. Oocyte diameters were measured with a micrometer using a binocular microscope (×25) on samples of 30 to 40 oocytes periodically obtained by in vivo intraovarian biopsy with a plastic catheter (external diameter 3 mm, internal diameter 1.5 mm). The induced ovulation trials, carried out at different times of the year, served to corroborate the observed changes. Salinity and surface temperature of the lagoon were measured daily. Water pH ranged between 6.5 and 7.5 during the investigation.

Selection of brooders

One day prior to reproduction, brood fish were taken out of the enclosures in order to evaluate their sexual state. Males, possessing an elongated and pointed genital papilla, were easily separated from females, which have a well-rounded genital papilla. For the reproduction trials, females were selected on the criterion of their mean oocyte diameter determined after intraovarian biopsy. Females with homogeneous-sized oocytes and mean oocyte diameter greater than 1.1 mm were used.

Large males were preferred because a greater quantity of sperm could be collected from them. In all cases, the selected males had a well-developed genital papilla.

Hormonal treatment and assessment of ovulation

HCG was chosen as the ovulating agent because its activity is well standardized; it is also easy to preserve in tropical climates and has the advantage of being more readily available in developing countries.

Six induced breeding experiments were conducted, in March, April, July and December 1984, and in June and July 1985 respectively. HCG efficiency to induce ovulation in *H. longifilis* was first tested with a dose of 2.5 I.U./g body weight. Then the doses were progressively reduced to 0.5 I.U./g body weight to determine the minimal effective dosage. Females,

after being weighed ($W \pm 1$ g), were injected in the dorsal musculature approximately under the separation between adipose and rayed dorsal fins. Injections were given in the evening. The volume injected never exceeded 1 ml in one place. If a larger hormone quantity was necessary, a second injection was given. The fish were manipulated without anaesthetic. After treatment, to avoid aggressive reactions between individuals, the fish were placed separately in aquaria (300 l) where water was permanently renewed by pumping from the lagoon. Water temperature was measured regularly during the latent period. Beginning 6 h post-injection, the fish were checked hourly for ovulation by gentle pressure applied in the antero-posterior direction on the abdomen. After stripping, females from the first brooder group were returned to the enclosures, while females from the second group were sacrificed and the stripping response evaluated by the ratio: weight of eggs stripped/(weight of eggs stripped + weight of the stripped ovary). In this study, the latency time is defined as the interval between injection and stripping.

Artificial fertilization and egg incubation

Sperm could not be obtained from the males by stripping, probably because of the testicular anatomy (Fig. 1) common to clariid species (Legendre and Jalabert, 1986). Thus, it was necessary to sacrifice the males and to dissect the testes for collecting semen. The sperm quantity obtained ranged be-

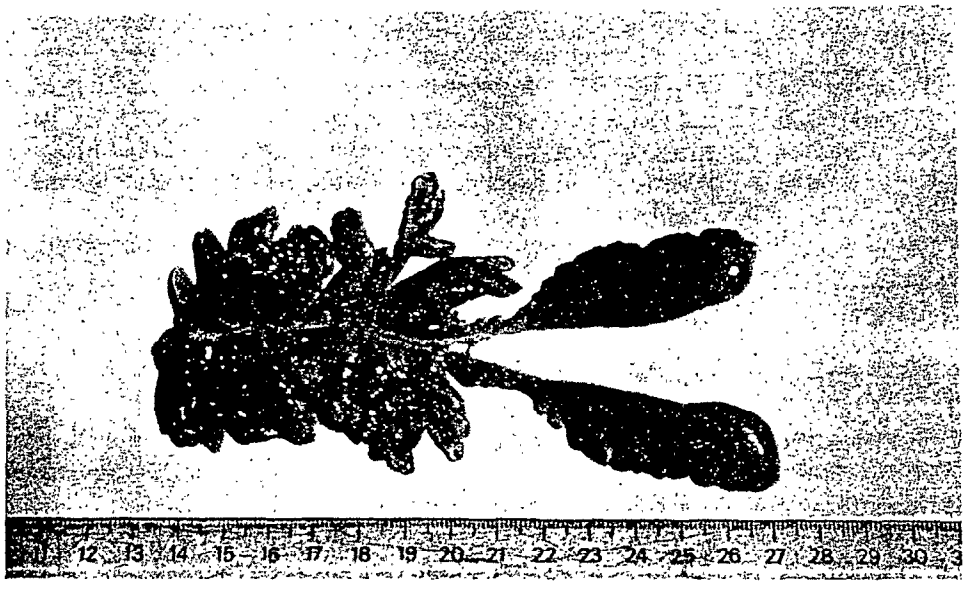


Fig. 1. Testicular anatomy of *H. longifilis*. The testes (on the right) are well individualized from the seminal vesicles (on the left), which are composed of numerous lobes connected to the posterior part of the vas deferens.

tween 0.5 and 5.8 ml depending on the size of the males (between 1200 and 4500 g).

As soon as it was collected, the sperm was diluted in a 0.9% NaCl solution (dilution rate 10^{-1}) because a positive effect of such dilution on fertilizing ability has been observed (unpublished data). Similar findings were also made with *Clarias gariepinus* (Hogendoorn and Vismans, 1980). The quality of the stripped oocytes was evaluated by percentages of normal and deformed larvae obtained after hatching. Aliquots of 200—300 oocytes (two replications per female), previously weighed ($W \pm 0.1$ mg) to estimate the total number of the stripped eggs, were mixed with 0.5 ml of diluted sperm in a dry receiver. Sperm activation was initiated by the addition of 5 ml fresh water. After 1 min of gentle stirring, eggs were rinsed to remove excess milt and transferred for incubation into a plastic box containing 300 ml fresh water. In a given experiment, the eggs collected from all the females were fertilized with the same sperm preparation. Egg incubation was done in stagnant water, at ambient temperature (27 to 29°C) and in darkness. Hatching took place 24 to 28 h after fertilization, and the hatching rates were evaluated 35 to 40 h after fertilization.

RESULTS

Seasonal changes in sexual maturity

The temporal variations in oocyte diameter, maximum and minimum surface water temperatures and salinity were recorded for the 17-months study period (Fig. 2).

There are two distinct periods in salinity fluctuations. The first, from January to May, coincides with the major dry season, with salinities rising above 6 $g \cdot l^{-1}$. The second begins in May—June with the first rains; then salinity rapidly decreases and fluctuates around 1 $g \cdot l^{-1}$ until December. The small increase in salinity in August and September coincides with the minor dry season.

Similarly, the highest water temperatures are found during the dry season, the lowest during the rainy season. The temperature decrease observed in December and January coincides with the cool north wind (Harmattan).

The seasonal variation in oocyte diameter mirrored that of temperature. The largest diameters (1.5 mm) are found when the water is coolest, from June to October, and a rapid decline in oocyte diameters is noted as water temperature increases during November and December. A larger proportion of oocytes in resorption, as well as more inter-female variability, was noted during the latter period. Both in 1984 and 1985, there was a progressive increase in oocyte diameters during the end of the major dry season (February to May), followed by a new increase with the onset of the rains and when lower water temperature was observed.

The sexual maturity of *H. longifilis* seemed less dependent on salinity

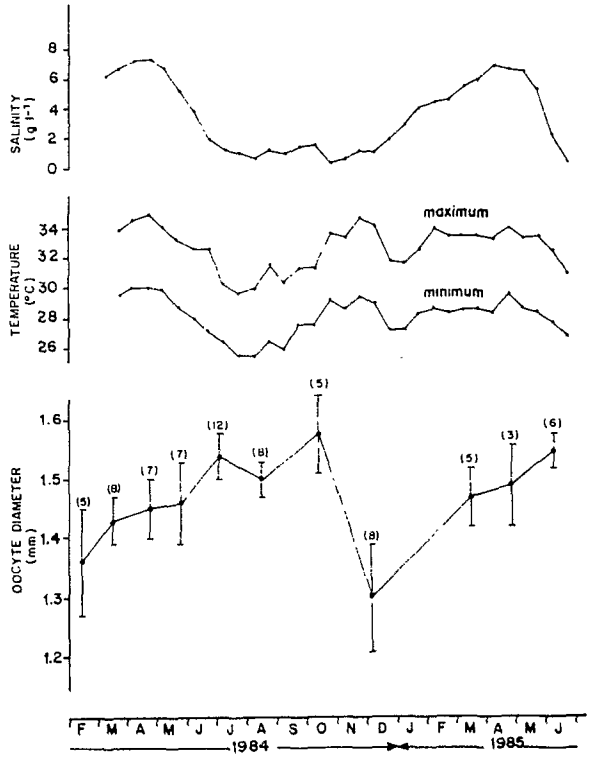


Fig. 2. Seasonal development of mean oocyte diameters of *H. longifilis* females in the Ebrié Lagoon, salinity and surface temperature of the lagoon water. The vertical bars correspond to the confidence interval of the mean diameter at a 5% risk. (+): number of females sampled.

fluctuations: even though oocyte enlargement began with the onset of the rainy season and reduced salinities, the reduction of diameters occurred in December, when salinities were still at their lowest.

Induced oocyte maturation and ovulation: effects of HCG

In the series of experiments run between March 1984 and July 1985, oocyte maturation and ovulation were induced in all the females (N = 26) injected with HCG at doses of 1.0, 1.5, 2.0 and 2.5 I.U./g body wt. (Tables 1 to 4). On the contrary, a dose of 0.5 I.U./g body wt. did not induce ovulation in 3 out of 5 females (Tables 3 and 4). No ovulation occurred in placebo-treated females (Table 4).

Under equivalent temperature conditions, the latent period appeared to vary little as a function of the hormone doses given. However, latency time was slightly increased with lower hormone doses, as verified by comparison of the oocyte quantity collected from each female after the first and second

TABLE 1

Quantity of eggs stripped and hatching rate in *H. longifilis*, after injection with 2.5 I.U. HCG/g body wt. in March, April and July 1984. Females (group one) were stripped between 10 and 12 h after injection. During the latent period, water temperatures varied between 27 and 30° C in March and April, and between 27 and 28° C in July

Date	Body weight (g)	Initial oocyte diameter (mm)	No. of eggs stripped per female kg (× 1000)	Normal larvae (%)	Deformed larvae (%)
30 March 1984	1469	1.47	29	91.7	1.7
	1065	1.50	43	—	—
24 April 1984	4120	1.54	40	78.8	10.3
	2072	1.49	44	88.5	7.2
3 July 1984	2420	1.52	56	95.8	1.7
	3721	1.55	67	93.7	2.4

TABLE 2

Effects of different doses of HCG on induced ovulation, quantity of eggs stripped and hatching rate in *H. longifilis* (experiment of 6 December 1984). Females (group one) were stripped 10 h and 15 h after injection. During the latent period, water temperatures varied between 27 and 33° C

Dose (I.U./g body wt.)	Body weight (g)	Initial oocyte diameter (mm)	Weight of eggs stripped (g)		No. of eggs stripped per female kg (× 1000)	Normal* larvae (%)	Deformed* larvae (%)
			10 h	15 h			
2.5	2480	1.40	183	11	54	89.1	7.3
2.5	1968	1.15	4	1	2	86.1	3.3
2.0	2680	1.28	129	14	43	90.7	6.5
2.0	4668	1.13	58	7	11	86.7	9.2
1.5	3680	1.44	70	21	19	81.8	6.8
1.5	4232	1.25	102	33	20	95.7	3.3
1.0	3072	1.37	95	18	29	91.1	5.3
1.0	4400	1.35	129	52	31	93.7	4.9

*Percentages evaluated after fertilization and incubation of eggs collected 10 h after injection.

strippings (Tables 2 to 4). By contrast a more notable difference was observed between experiments in relation to the seasonal variations in temperature. Latent period was approximately 10 h at 27—33° C (Table 2), 10 to 14 h at 27—29° C (Table 3) and 14 to 18 h at 26—27° C (Table 4).

The hatching rates, as determined after artificial fertilization, were not significantly different for the different amounts of HCG given (Tables 2 to 4). The percentages of normal larvae were generally high (76% ± 8), while

TABLE 3

Effects of different dose of HCG on induced ovulation, quantity of eggs stripped and hatching rate in *H. longifilis* (experiment of 7 June 1985). Females were stripped 10 h and 14 h after injection. During the latent period, water temperatures varied between 27 and 29°C

Dose (I.U./g body wt.)	Body weight (g)	Initial oocyte diameter (mm)	Weight of eggs stripped (g)		No. of eggs stripped per female kg (× 1000)	Stripping response (%)	Normal* larvae (%)	Deformed* larvae (%)
			10 h	14 h				
2.5	1556[a]	1.23	14	61	45	62.5	41.7	22.1
2.5	1689[a]	1.25	46	130	88	77.2	76.1	6.5
2.5	3532[b]	1.54	193	251	97	—	—	—
2.5	2924[b]	1.52	317	66	90	—	74.1	18.0
1.5	4026[b]	1.54	270	224	87	—	78.8	14.7
1.5	3125[b]	1.55	161	250	93	—	73.9	18.0
0.5	5100[b]	1.60	0	42	5	—	79.1	2.5
0.5	4900[b]	1.55	91	429	75	—	56.4	17.3

[a]Females from group two. [b]Females from group one.
*Percentages evaluated after fertilization and incubation of eggs collected 14 h after injection.

TABLE 4

Effects of different dose of HCG on induced ovulation, quantity of eggs stripped, stripping response and hatching rate in *H. longifilis* (experiment of 9 July 1985). Females (group two) were stripped 14 h and 18 h after injection. During the latent period, water temperatures varied between 26 and 27°C

Dose (I.U./g body wt.)	Body weight (g)	Initial oocyte diameter (mm)	Weight of eggs stripped (g)		No. of eggs stripped per female kg (× 1000)	Stripping response (%)	Normal* larvae (%)	Deformed* larvae (%)
			14 h	18 h				
1.5	1257	1.50	11	67	48	69.8	32.7[b]	30.3[b]
1.5	2299	1.53	175	36	73	73.5	41.2[a]	37.6[a]
1.5	1939	1.41	49	15	31	60.9	87.8[a]	6.0[a]
1.0	1766	1.39	77	42	61	75.3	81.1[b]	5.3[b]
1.0	1696	1.39	10	148	85	69.9	52.2[b]	25.9[b]
1.0	2079	1.44	1	90	36	40.3	42.5[b]	29.3[b]
0.5	1872	1.43	No ovulation					
0.5	1774	1.45	No ovulation					
0.5	1708	1.43	No ovulation					
Placebo	1994	1.44	No ovulation					
Placebo	1604	1.39	No ovulation					
Placebo	2426	1.33	No ovulation					

*Percentages evaluated after fertilization and incubation of eggs collected 14 h[a] or 18 h[b] after injection.

the percentages of deformed larvae stayed within an acceptable range (12% ± 4). The mediocre quality of the eggs obtained in July 1985 (Table 4) may be a consequence of the stressed condition of the brooders which were not fed for a week prior to injection because of an oxygen depletion in the lagoon.

The stripping responses (Tables 3 and 4) were high and indicated that the majority of the oocytes had reached the post-vitellogenic stage.

At ovulation, the mean oocyte diameter was significantly ($P < 0.01$) larger than that observed before hormonal treatment. As determined from samples taken from 22 females, the size increase was 10% (from 1.40 ± 0.06 mm before injection to 1.54 ± 0.04 mm at ovulation). The minimal egg diameter observed after stripping these 22 females was 1.20 mm. Considering the 10% increase in diameter during the course of oocyte maturation, the minimum diameter of oocytes apt to respond to hormonal treatment was estimated to be approximately 1.0 mm.

Seasonal changes in fecundity

The mean oocyte diameters measured from females raised in enclosures were higher than the minimal oocyte diameter for response to HCG all year round (Fig. 2). In fact, ovulation was induced in all females treated with HCG (doses above 0.5 I.U./g body wt.), regardless of season. The high hatching percentages obtained in December (Table 2) showed that good quality oocytes and ripe males can be found even during the dry season. However, the quantity of oocytes collected per female kg after HCG injection in De-

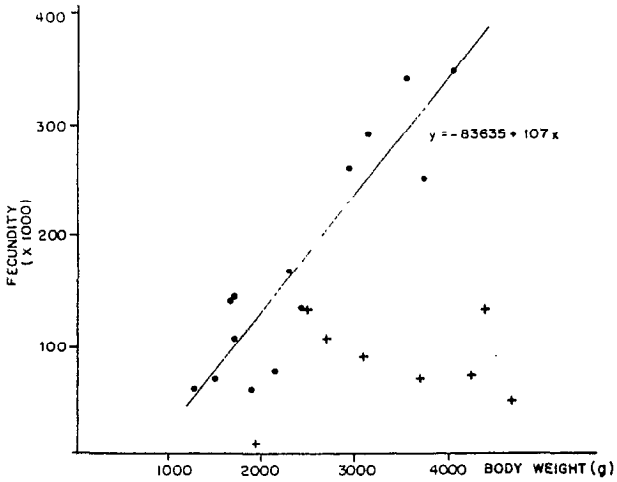


Fig. 3. Relationship between body weight and fecundity of *H. longifilis* females treated with HCG. Only females having received a dose of HCG higher than 0.5 I.U./g body wt. were considered. The regression (r = 0.91) was calculated using values obtained in June—July (•); values obtained in December (+) are presented only for comparison.

cember (26 000 ± 14 000; Table 2) was much lower than the quantity collected during the cool season (June—July), with both the first and second group of brooders (68 000 ± 13 000; Tables 1, 3 and 4). In addition, a significant correlation (r = 0.91) between the number of oocytes stripped after hormonal treatment (doses larger than 0.5 I.U./g body wt.) and female body weight was observed only in June and July (Fig. 3). The absence of correlation in December (Fig. 3) and the comparatively low number of oocytes collected confirm the existence of a greater disparity in the physiological state of the ovaries of different females during this season.

DISCUSSION

HCG efficiency to induce oocyte maturation and ovulation in *H. longifilis* is clearly demonstrated in this study. A single HCG injection induced ovulation in 100% of treated females when applied at between 1.0 and 2.5 I.U./g body wt. A lower dose leads to high variability in individual response.

Clemens and Sneed (1962) recommended that the hormone dosage used in practice to induce ovulation in a given species should be in excess of the minimal dose determined experimentally. This precaution can be useful to avoid failure due to a possible difference of sensitivity between brooders of different origins or ages. In this investigation, only females of the first group ovulated (Table 3) while no response was observed within the second group (Table 4), after HCG injection at a dose of 0.5 I.U./g body wt. As a low stripping response was observed for one of the treated fish with a dose of 1.0 I.U./g body wt. (Table 4), the use of 1.5 I.U. HCG/g body wt. is therefore recommended for routine application in induced breeding of *H. longifilis*. Higher doses, which give similar responses in terms of quantity and quality of the stripped eggs, are unnecessary. It should be noted that the minimal effective dose of HCG determined for *H. longifilis* is lower than those determined for other clariids; 2.0 I.U./g body wt. in *C. macrocephalus* (Mollah and Tan, 1983) and 2.5 I.U./g body wt. in *C. gariepinus* (Eding et al., 1982).

As has been observed in other fish species, the latent period is dependent both on temperature and hormone dosage (Clemens and Sneed, 1962; Harvey and Hoar, 1980). However, in *H. longifilis*, latency time appeared to be influenced much more by temperature than by the injected dose of HCG. Mollah and Tan (1983) also observed very little variation in the latency response of *C. macrocephalus* despite the different dosage of HCG (between 1.0 and 5.0 I.U./g) used in their study. In *H. longifilis*, at a temperature of 27 to 29°C, the latency period is approximately 14 h. At that time, most of the eggs could be stripped and displayed an overall good quality. On the basis of the generally high percentages of normal larvae (76% ± 8) obtained after hatching, the procedures for artificial fertilization and egg incubation described above can be considered satisfactory.

Up to now, HCG has been successfully used to induce spawning in several fish species (Lam, 1982). However, this mammalian, high molecular weight

substance could provoke an immune reaction in some species, making it inefficient after repeated use. Such a reaction has been observed in *Sparus aurata*, which, for this reason, can be used only during a single reproductive season (Gordin, personnal communication, 1983), and in two Chinese carp species which developed a resistance to HCG when spawned for several consecutive years (Anon., 1977a,b). Although the long-term effects of repeated HCG injection cannot be predicted in *H. longifilis*, the fact that ovulation has been successfully induced at 6-, 5- and 2-month intervals in the same *H. longifilis* female with 2.5 I.U. HCG/g body wt. (unpublished data), shows that in this species the same individual can be spawned with HCG four consecutive times at least without any inconvenience.

These results also indicate that after hormonal treatment there is a quick recovery of oogenesis in *Heterobranchus* females reared in enclosures.

Oocyte maturation and ovulation were successfully induced with HCG at the most extreme season of the lagoon hydroclimate at the level of our station. Oocytes of good quality and fertilizing sperm were collected in the rainy season (June and July) as well as in the dry season (December, March and April). This indicates that a continuous egg and fry supply can be obtained from *H. longifilis* brooders reared in the lagoon. However, it is important to consider that, although able to mature sexually in slightly brackish water, *H. longifilis* cannot propagate in this environment because when salinity reaches 6 $g \cdot l^{-1}$ all the fertilized eggs abort before hatching (Legendre, unpubl.). For this reason, it is advisable to practice artificial fertilization and incubation in fresh water, particularly in the dry season.

Mean oocyte diameters all year round are greater than the minimal oocyte diameter for response to HCG. Nevertheless, seasonal variations in the sexual state of females are observed and seem to be correlated with temperature. The mean oocyte diameters show a marked decrease at the beginning of the dry season. At that time, the egg quantity collected from HCG-treated females is much lower than during the rainy season and a greater proportion of degenerating oocytes is also observed in the samples obtained by intraovarian biopsy. Thus, although post-vitellogenic oocytes can be found all year round in the ovaries, these observations clearly indicate that the rainy season corresponds to the primary reproductive season of *H. longifilis*. In the Ubangui River (Central Africa), sexually mature individuals were captured only in August and September during the major rainy season when there was a rise in water level (Micha, 1973).

In fish the process of atresia is temperature dependent (Yamazaki, 1965; Richter et al., 1982; Rowland, 1983). The temperature increase registered in this study at the beginning of the dry season may be responsible for oocyte resorption observed at this period. The decrease in oocyte diameter and fecundity (in December) may thus be a consequence of the resorption of the bigger oocytes in the ovaries. A histological study should provide a final answer to this question and a better understanding of the dynamics of the ovary in *Heterobranchus*.

Reproduction and the complete biological cycle of *H. longifilis* have been observed in captivity. Fish hatched at the station reached first sexual maturity at 1 year of age and 1.5 kg mean weight. This result contrasts with observations of Micha (1973), who indicated that, in ponds, *H. longifilis* matures only at 3 or 4 years of age when fish weight reaches several kg. In a natural environment (the Niger basin), *H. longifilis* was reported to mature after 2 years (Motwani, 1970).

In conclusion, several qualities confer on *H. longifilis* a promising future as a culture fish. It is omnivorous (Micha, 1973), and its growth, which can exceed 10 g · day^{-1} (Legendre, 1983), is one of the fastest yet observed among African fish species tested in aquaculture. It is a highly resistant species and its performances in monoculture are very encouraging (Dia et al., 1986). The possibility of obtaining several spawns per female per year, added to a high fecundity (almost 4 million eggs were collected in the course of this investigation), give a further advantage to the species, as a mass and non-stop egg and fry production can be envisaged from a brood stock of relatively limited size.

The control of reproduction of *H. longifilis* in captivity now makes the culture of this species possible.

REFERENCES

Albaret, J.J. and Legendre, M., 1983. Les espèces colonisatrices des étangs d'une station de pisciculture lagunaire en Côte d'Ivoire. Description et incidence sur l'élevage. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 14(1): 57—67.

Anon. (The Fukien—Kiangsu—Chekiang—Shanghai Cooperative Group for Artificial Reproduction of Freshwater Economic Fishes), 1977a. A further investigation on the stimulatory effect of a synthetic analogue of hypothalamic luteinizing hormone releasing hormone (LRH-A) on spawning in domestic fishes. Acta Biochim. Biophys. Sin., 9: 12—25.

Anon. (Cooperative Team for Hormonal Application in Pisciculture), 1977b. A new highly effective ovulating agent for fish reproduction. Practical application of LH-RH analogue for the induction of spawning of farm fishes. Sci. Sin., 20: 469—474.

Awachie, J.B.E., 1976. Fish culture possibilities on the floodplains of the Niger—Benue drainage system. CIFA Tech. Pap. No. 4, suppl. 1, Symp. Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, 1975, pp. 206—281.

Bard, J., De Kimpe, P. and Lessent, P., 1976. Nouveaux poissons et nouvelles méthodes d'élevage en Afrique. CIFA Tech. Pap. No. 4, suppl. 1, Symp. Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, 1975, pp. 365—372.

Bruton, M.N., 1979. The breeding biology and early life development of *Clarias gariepinus* (Pisces: Clariidae) in The Lake Sibaya, South Africa. With a review of breeding in species of subgenus *Clarias* (*Clarias*). Trans. Zool. Soc. Lond., 35(1): 1—45.

Clemens, H.P. and Sneed, K.E., 1962. Bioassay and use of pituitary materials to spawn warmwater fishes. Res. Rep. U.S. Fish. Wildlife Serv. No. 61, 30 pp.

Daget, J. and Iltis, A., 1965. Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et eaux saumâtres). Mém. Inst. Fr. Afr. Noire, No. 74, 385 pp.

Dia, A.K., Hem, S. and Legendre, M., 1986. Les recherches en aquaculture lagunaire en Côte d'Ivoire. Etudes Scientifiques, Ed. et Publ. des Pères Jesuites en Egype (IHS) (in press).

Eding, E.H., Janssen, J.A.L., Kleine Staarman, G.H.J. and Richter, C.J.J., 1982. Effects of human chorionic gonadotropin (HCG) on maturation and ovulation of oocytes in the catfish *Clarias lazera* (C. et V.). In: C.J.J. Richter and H.J.Th. Goos (Editor), Proc. Int. Symp. Reproductive Physiology of Fish. PUDOC, Wageningen, p. 195.

Fontaine, M., 1976. Hormones and the control of reproduction in aquaculture. J. Fish. Res. Board Can., 33: 922—939.

Guiral, D., 1983. Physicochimie et biogéochimie des eaux et des sédiments à la station d'aquaculture de Layo (Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). Doc. Sci. Cent. Rech. Oçeanogr. Abidjan, 14(1): 1—29.

Harvey, B.J. and Hoar, W.S., 1980. Reproduction Provoquée chez les Poissons: Théorie et pratique. I.D.R.C., Ottawa, Ont., 48 pp.

Hogendoorn, H., 1983. The African catfish (*Clarias lazera* C. et V., 1840). A new species for aquaculture. Dissertation, Agriculture Univ., Wageningen, The Netherlands, 135 pp.

Hogendoorn, H. and Vismans, M.M., 1980. Controlled propagation of the African catfish, *Clarias lazera* (C. et V.). II. Artificial reproduction. Aquaculture, 21: 39—53.

Lam, T.J., 1982. Applications of endocrinology to fish culture. Can. J. Fish. Aquat. Sci., 39: 111—137.

Legendre, M., 1983. Examen préliminaire des potentialités d'un silure africain *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840) pour l'aquaculture en milieu lagunaire. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 14(2): 97—107.

Legendre, M. and Jalabert, B., 1986. Physiologie de la reproduction. In: C. Lévêque, M.N. Bruton and M. Hyder (Editors), Biologie et Écologie des Poissons d'Eau Douce Africains (in press).

Maletoungou, Z., 1976. Avenir de la pisciculture commerciale en Afrique Centrale. CIFA Tech. Pap. No. 4, suppl. 1, Symp. Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, 1975, pp. 781—791.

Micha, J.C., 1973. Etude des populations piscicoles de l'Ubangui et tentatives de sélection et d'adaptation de quelques espèces à l'çetang de pisciculture. Centre Technique Forestier Tropical, Paris, 110 pp.

Micha, J.C. and Frank, V., 1976. Biologie des principales espèces utilisées en pisciculture africaine. CIFA Tech. Pap. No. 4, suppl. 1, Symp. Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, 1975, pp. 292—331.

Mollah, M.F.A. and Tan, E.S.P., 1983. HCG-induced spawning of the catfish, *Clarias macrocephalus* (Gunther). Aquaculture, 35: 239—247.

Motwani, M.P., 1970. Report to the Government of Nigeria on the fishery investigations on the Niger and Benue rivers in the Northern region and development of a programme of riverine fishery management and training. FAO Fish. UNDP (TA) Rep. No. 2771, 196 pp.

Richter, C.J.J., 1976. African catfish, *Clarias lazera* C. et V.), a new possibility for fish culture in tropical regions? Misc. Pap. Landbouwhogesch., Wageningen, 13: 51—71.

Richter, C.J.J., Eding, E.H., Leuven, S.E.W. and Van der Wijst, J.G.M., 1982. Effects of feeding levels and temperature on the development of the gonad in the African catfish, *Clarias lazera* (C. et V.). In: C.J.J. Richter and H.J.Th. Goos (Editors), Proc. Int. Symp. Reproductive Physiology of Fish. PUDOC, Wageningen, pp. 147—150.

Rowland, S.J., 1983. The hormone induced ovulation and spawning of the Australian freshwater fish golden perch, *Macquaria ambigua* (Richardson) (Percichthyidae). Aquaculture, 35: 221—238.

Yamazaki, F., 1965. Endocrinological studies on the reproduction of the female goldfish, *Carassius auratus* L., with special reference to the function of the pituitary gland. Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ., 13(1): 1—64.

LEGENDRE M., 1989.

Enquête préliminaire sur la consommation du silure Heterobranchus longifilis en Côte divoire.

Arch. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 12(1) : 1-12.

Arch. Sci. Centre Rech. Océanogr. Abidjan
Vol. XII, n°1, Novembre 1989 : 1-12

ENQUETE PRELIMINAIRE SUR LA CONSOMMATION DU SILURE *HETEROBRANCHUS LONGIFILIS* EN COTE D'IVOIRE

Par

Marc LEGENORE

Centre de Recherches Océanographiques
B.P. V 18 ABIDJAN (Côte d'Ivoire)

--==ooOoo==--

R E S U M E

Au cours de cette enquête préliminaire, 242 personnes appartenant à 27 ethnies ont été interrogées. Les résultats montrent que la non-consommation du silure, *Heterobranchus longifilis*, le plus souvent liée à une tradition (totem, tabou), ne concerne qu'une faible partie de la population d'une ethnie donnée (à l'exception des Agnis) et non sa totalité. Globalement, environ 3 personnes sur 4 sont consommatrices de ce silure qui est apprécié et recherché.

H. longifilis est commercialisé au niveau des marchés abidjanais où il reste cependant assez rare. Cette faible "présence" commerciale paraît être la conséquence d'un approvisionnement restreint et non d'une réticence des consommateurs. Les possibilités de commercialisation en aval d'une production aquacole de *Heterobranchus* semblent donc prometteuses en Côte d'Ivoire.

Mots-clés : Côte d'Ivoire, *Heterobranchus longifilis*, Aquaculture, Consommation, Commercialisation.

PRELIMINARY INVESTIGATION ON THE CONSUMPTION OF THE CATFISH, *HETEROBRANCHUS LONGIFILIS* IN COTE D'IVOIRE

A B S T R A C T

During this preliminary investigation, 242 persons from 27 ethnic groups were polled. The results showed that non-consumption of the catfish, *Heterobranchus longifilis*, was most often linked to a tradition (taboo), and concerned only a small fraction of the population from a given ethnic group (except for the Agnis), not the whole group. In all, about 3 persons out of 4 consumed this catfish which is highly esteemed as a food fish.

H. longifilis can be found for sale in the markets of Abidjan, although such findings are quite rare. This low commercial availability appears to be the consequence of limited supplies rather than consumer reluctance. Therefore, the marketing possibilities after large scale production of *Heterobranchus* seem promissing in the Ivory Coast.

Key-Words : Côte d'Ivoire, *Heterobranchus longifilis*, Aquaculture, Consumption, Marketing.

INTRODUCTION

Dans le cadre des études menées par le Centre de Recherches Océanographiques (CRO) pour l'identification des espèces autochtones présentant un intérêt potentiel pour l'aquaculture lagunaire, le choix s'est porté rapidement, en plus des mâchoirons et des tilapias, sur un silure : *Heterobranchus longifilis*. En Côte d'Ivoire, *H. longifilis* a été identifié dans la plupart des bassins fluviaux et a également été signalé en lagune Ebrié où il n'est cependant que rarement capturé (Daget et Iltis, 1965). Ce poisson, d'origine continentale mais se prêtant à un élevage en milieu lagunaire jusqu'à 7 g.l-1 de salinité au moins, présente de nombreuses caractéristiques biologiques qui lui confèrent un avenir des plus prometteurs en tant que poisson d'élevage au plan africain (Legendre, 1983 et 1986). Il semble néanmoins qu'en Côte d'Ivoire, le silure, très apprécié dans certaines populations, fasse localement l'objet d'un interdit alimentaire dans d'autres.

La présente enquête a pour objectif de fournir une première estimation de la proportion de personnes concernées par cet interdit et d'évaluer sommairement les possibilités commerciales que pourrait offrir le développement de l'élevage de *Heterobranchus* en Côte d'Ivoire.

2 - METHODOLOGIE

L'enquête s'est déroulée les 28 et 29 novembre 1985, à Abidjan, sur le stand présenté par l'équipe Aquaculture du Centre de Recherches Océanographiques dans le cadre du deuxième salon ivoirien de l'invention et de l'innovation (SINOVA 85).

Les personnes enquêtées ont été interrogées devant un aquarium contenant un spécimen de *H. longifilis* d'environ 2 kg, et pouvaient donc parfaitement identifier le poisson.

Le questionnaire était le suivant :

- Consommez-vous ce poisson ..... non
  ..... oui

- Si non
  ..... pour quelle raison ?
- Si oui
  ..... lieu d'achat habituel
  ..... prix d'achat courant
  ..... fréquence de consommation

Enfin, il était demandé aux personnes de préciser leur appartenance ethnique.

L'enquête a porté sur un effectif total de 242 visiteurs de l'exposition. Les déclarations recueillies étaient spontanées et ne proviennent pas d'une grille préétablie et proposée par l'enquêteur.

3 - R E S U L T A T S

3.1. PROPORTION CONSOMMATEURS/NON CONSOMMATEURS : IMPORTANCE DE L'ETHNIE, DE LA REGION

Les 242 personnes interrogées appartiennent à 27 ethnies et à 4 pays étrangers, voisins de la Côte d'Ivoire. Certaines tendances peuvent être dégagées à partir des résultats obtenus pour ces différentes catégories de personnes (Tab.1).

Le problème de la non-consommation de *Heterobranchus* ne concerne généralement qu'une faible partie de la population d'une ethnie donnée et non sa totalité (les trois cas où l'on n'observe que des non-consommateurs ne sont pas significatifs). Ce point est important à relever car il est relativement fréquent que les personnes interrogées étendent leur propre comportement à l'ensemble de leur groupe d'appartenance. Pour exemple, nous citerons quelques déclarations recueillies au cours de l'enquête :

Région	Groupe ethnique		Ethnie	Consommateurs	Non Consommateurs	Effectif total
Nord ouest et Centre Ouest	Mandé du Nord (Mandingue)		Malinké ..	8	1	9
			Dioula ...	14	2	16
			Bambara ..	0	1	1
	Mandé du Sud		Gouro	4	1	5
			Yacouba ..	7	0	7
Nord et Nord Est	Groupe voltaïque		Tagwana ..	0	2	2
			Koulango .	1	0	1
			Senoufo ..	8	1	9
Sud Ouest	Groupe Krou		Dida	7	0	7
			Bété	13	3	16
			Krou	4	0	4
			Godié	0	1	1
			Wobé	1	0	1
			Guéré	6	0	6
Centre et Sud Est	Groupe Akan	Populations "continentales"	Baoulé ...	31	12	43
			Agni	8	18	26
			Attié	16	0	16
			Abron	1	2	3
			Abé	5	3	8
			Abidji ...	3	0	3
		Populations "lagunaires"	Abouré ...	8	1	9
			Ebrié	7	2	9
			Adioukrou	3	0	3
			Appolo ...	3	3	6
			Alladian .	4	0	4
			Mbato	2	0	2
			Avikan ...	3	1	4
Etranger	Burkina Faso			4	1	5
	Togo			1	0	4
	Bénin			1	0	1
	Ghana			1	0	1

Tableau 1 - Effectifs par ethnie de consommateurs ou de non-consommateurs du silure, *Heterobranchus longifilis*.

- "je ne le consomme pas et c'est valable pour les gens de lagune"
- "la plupart des Baoulés ne consomment pas le silure"
- "le groupe Akan ne consomme pas le silure, c'est interdit".

Ces propos sont nettement démentis par le tableau 1. En revanche, une claire tendance à la non consommation de ce poisson est mise en évidence chez les Agnis.

Les personnes interrogées ont été regroupées par région d'origine (Tab.2). On remarque que pour les régions nord et ouest de la Côte d'Ivoire, la proportion de consommation se situe entre 75 et 89%. Cette proportion tombe cependant à 69% pour la région centre et sud-est, ce qui s'explique en grande partie par le fort pourcentage de non-consommateur constaté chez les Agnis.

Globalement, pour toutes origines confondues, on constate qu'environ 3 personnes enquêtées sur 4 consomment *Heterobranchus*.

3.2. MOTIFS DE LA NON-CONSOMMATION

Dans la très grande majorité des cas (74%), ce silure n'est pas consommé par tradition et le plus souvent par tradition familiale (Tab.3). Il est alors considéré comme tabou ou comme un totem dont l'ingestion est succeptible de provoquer diverses conséquences néfastes. Pour certains Baoulés, par exemple, le consommer met en danger la vie de leurs enfants. Il n'y a en définitive qu'à peu près 1 "non-consommateur" sur 4 (soit 6,2% du total enquêté) qui n'apprécie pas ce poisson pour des motifs apparemment plus personnels de dégoût ou de répulsion.

Il est en outre intéressant de remarquer que parmi les consommateurs, 8 personnes (soit environ 4%) ont déclaré que la consommation du silure était interdite dans leur famille mais n'en tenaient aucun compte, ce qui montre une certaine tendance au non respect des traditions.

Région d'origine	Consommation (%)	Non Consommation (%)	Effectif
Nord Ouest et Centre Ouest	87	13	38
Nord et Nord Est	75	25	12
Sud Ouest	89	31	35
Centre et Sud Est	69	31	136
dont { Baoulés et Agnis	(72) (31)	(28) (69)	(43) (26)
Total enquêté	74	26	242

Tableau 2 - Proportions par région de consommateurs ou de non consommateurs du silure, *Heterobranchus longifilis*.

Nota : 6% des gens ont pu manger *Heterobranchus longifilis* sans le savoir ou ne le connaissent pas, ces personnes ont été considérées comme des consommateurs potentiels.

3.3. ELEMENTS AYANT TRAIT A LA COMMERCIALISATION DE *H. LONGIFILIS*

3.3.1. Lieux d'achats et fréquence de consommation.

Il est possible d'acheter *Heterobranchus* sur la quasi-totalité des marchés abidjanais, et notamment sur les marchés de Treichville et d'Adjamé qui sont les mieux approvisionnés (ou les plus fréquentés) (Tab.4). Cependant, si les circuits de commercialisation de *Heterobranchus* existent au niveau de ces marchés, ceux-ci restent peu importants et paraissent irrégulièrement fournis. On constate en effet (Tab.4) que 41% des gens s'approvisionnent au moins en partie au village, ceci quelle que soit leur région d'origine. Le village reste donc le lieu privilégié où l'on trouve ce silure et où 75% des personnes interrogées le pêchent elles-mêmes.

MOTIF DE LA NON CONSOMMATION		NOMBRE DE REPONSES		
		Toutes ethnies confondues, (sauf Agni et Baoulé)	Agni	Baoulé
C'est un totem, un tabou, il fait l'objet d'un interdit	"C'est un interdit familial"	7	4	3
	"Il porte malchance"	1	0	0
	"Il provoque des allergies, malaises ou maladies" .	4	1	0
	"Il a permis de guérir après une maladie"	0	1	0
	" En le consommant nous perdons nos enfants"	1	0	4
	Sans autres précisions	12	4	3
"Je ne l'aime pas, son goût est déplaisant"		1	4 (*)	1
"Il a une mauvaise odeur"		2	0	0
"Il vit dans des eaux sales"		4	1	0
"C'est un poisson effrayant"		1	0	0
"Il est capable de ramper, d'apparaître miraculeusement"		0	2	0

(*) dont 1 n'aime aucun poisson

Tableau 3 - Raisons évoquées pour expliquer la non-consommation du silure, *Heterobranchus longifilis*. (Effectif de non-consommateurs retenus : 61).

LIEU D'ACHAT	Pourcentage (%)
Marché de Treichville	22
Marché d'Adjamé	22
Marché de Yopougon ..	4
Marché d'Abobo	3
Marché de Koumassi ..	< 1
Marché du Plateau ...	< 1
Au bord des routes ..	4
Au village	41
Au maquis	3

Tableau 4 - Lieux d'achat du silure *Heterobranchus longifilis* (effectif de consommateur retenus : 157).

FREQUENCE DE CONSOMMATION	Pourcentage (%)
Rarement ou occasionnellement	27
Souvent	35
Rarement à Abidjan mais fréquemment au village	9.5
Au village seulement	28.5

Tableau 5 - Fréquence de consommation du silure, *Heterobranchus longifilis*.
(Effectif de consommateurs retenus : 158)

En outre, si 27% des gens ne consomment ce poisson qu'occasionnellement (Tab.5), on s'aperçoit en fait que 47% d'entre eux ne le consomment rarement que parce qu'ils ont des difficultés à se le procurer. De plus, 9.5% des consommateurs précisent qu'ils ne mangent *Heterobranchus* que rarement à Abidjan mais fréquemment au village et 28.5% au village seulement, alors que 35% parviennent cependant à en trouver souvent que ce soit au village ou ailleurs (Tab.5).

Cet ensemble de constatations montre que *Heterobranchus* est non seulement consommé mais de plus, apprécié et recherché. Il semble donc vraisemblable que ce soit l'insuffisance de l'offre qui cause la consommation relativement faible en ville.

3.3.2. Premières indications sur le prix d'achat.

Devant les difficultés d'interprétation du prix donné dans un premier temps par les consommateurs pour l'achat de *Heterobranchus*, ces prix étant rapportés soit à l'unité, soit au tas, nous avons dans un second temps demandé que nous soit fournie une évaluation du prix d'achat auquel le consommateur pourrait se procurer le spécimen de 2 kg présenté dans l'aquarium d'exposition.

La figure 1, qui récapitule les résultats obtenus sur 44 personnes interrogées, montre une dispersion assez importante des réponses, allant de 500 à 3.500 FCFA. Cette dispersion est sans doute liée au caractère subjectif de la méthode, mais aussi aux variations de prix pouvant exister entre les différents marchés. Il est probable par exemple que *Heterobranchus* puisse être obtenu pour un prix plus faible au village que sur Abidjan.

La distribution des prix (Fig.1) est cependant bien centrée et permet d'évaluer le prix moyen d'achat de *Heterobranchus* à environ 800 FCFA par kilogramme.

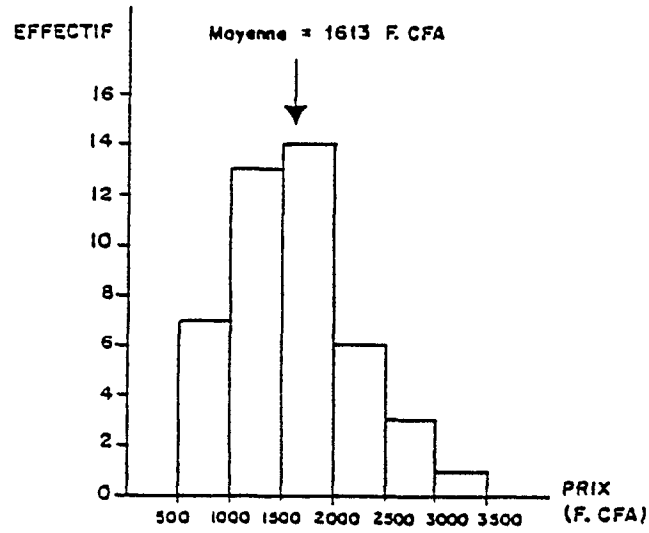


Figure 1 - Distribution de fréquence du prix donné par 44 personnes pour l'achat d'un *Heterobranchus longifilis* de 2 kg. Le prix moyen d'achat au kg est ici estimé à 806 FCFA.

Cette estimation apparaît en définitive assez conforme à la valeur donnée pour les marchés du nord de la Côte d'Ivoire où ce silure se vendrait à environ 850 F/kg (Diarra, comm. pers., 1985).

CONCLUSIONS

L'enquête réalisée, bien que limitée, a permis de préciser un certain nombre de points et d'esquisser quelques conclusions encourageantes quant aux possibilités commerciales que présente *H. longifilis* en Côte d'Ivoire.

- Environ 3 personnes sur 4 sont consommatrices de ce poisson qui est généralement très apprécié.

- La proportion de non-consommateurs varie selon l'ethnie, elle est particulièrement élevée chez les Agnis, mais ne s'étend pas à l'ensemble de la population d'une ethnie donnée.

- Dans la très grande majorité des cas, la non-consommation de ce silure est liée à un tabou, souvent concrétisé par un interdit familial, et la proportion d'individus qui ne l'apprécie pas par goût reste faible.

- La présence de ce poisson sur les marchés abidjanais montre que les circuits de sa commercialisation sont ouverts. Il y est cependant rare et de nombreux consommateurs regrettent de ne pouvoir le trouver plus souvent ou même de ne pouvoir le consommer que lorsqu'ils sont au village.

- Le prix ce vente de *Heterobranchus* semble se situer aux alentours de 800-850 F/kg. Ce prix paraît suffisamment élevé pour permettre de couvrir avec bénéfices les frais de son exploittion en pisciculture (compte tenu de ses remarquables performances de croissance et de transformation de l'aliment artificiel), et suffisamment bas pour rester accessible à une large frange de la population.

- Enfin, un dernier point paraît intéressant à soulever : Bien que la présence de *Heterobranchus* soit signalée dans toutes les pêcheries(*) continentales en Côte d'Ivoire (Legaouyat et Chevalier, 1986), les quantités capturées restent relativement peu importantes et expliquent certainement en grande partie la faible disponibilité de ce poisson au niveau des marchés citadins.

En conséquence, le développement prévisible de l'élevage de *Heterobranchus* pourrait intervenir comme une activité de production véritablement complémentaire à la pêche, et non en concurrence comme c'est le cas pour d'autres espèces.

(*) *Heterobranchus* est généralement pêché à la palangre avec des hameçons appâtés le plus souvent au savon.

BIBLIOGRAPHIE

Daget J. et Iltis A., 1965.- Poissons de Côte d'Ivoire (eaux douces et eaux saumâtres).
Mém. I.F.A.N., n°74, 385 p.

Legaouyat J.P. et Chevalier J.L., 1986.- Aménagement des eaux douces continentales. In: Aménagement de la pêche et de l'aquaculture en Côte d'Ivoire.
Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, pp. 91-107.

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 (2) : 97-107.

Legendre M., 1986.- 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. et ALBARET J.J., 1991.

Maximum observed length (MOL) as an indicator of growth rate in tropical fishes.

Aquaculture, 94, 327-341.

Aquaculture, 94 (1991) 327–341
Elsevier Science Publishers B.V., Amsterdam

Maximum observed length as an indicator of growth rate in tropical fishes

Marc Legendre[1,a] and Jean Jacques Albaret[b]
[a]*Centre de Recherches Océanographiques, BP V18, Abidjan, Côte d'Ivoire*
[b]*Centre ORSTOM, 2051 Av. du Val de Montferrand, BP 5045, Montpellier, France*

(Accepted 24 August 1990)

ABSTRACT

Legendre, M. and Albaret, J.J., 1991. Maximum observed length as an indicator of growth rate in tropical fishes. *Aquaculture*, 94: 327–341.

A positive linear relationship between maximum observed length (MOL) and growth rate is shown for 69 marine, fresh- or brackishwater African fish species in the natural environment and for six cultured species. When accurate data on growth are missing, the MOL appears to be one of the most useful criteria for the preselection of candidate fish species for aquaculture.

INTRODUCTION

As an introduction to his work on environmental factors and fish growth, Brett (1979) notes that, although readily observed and easily measured, growth is one of the more complex activities of the organism. It represents "the net outcome" of a general metabolic system involving internal and external (biotic and abiotic) factors.

The variability of the growth process (at the individual, population, species level) and the multiplicity of the interactive controlling factors considerably increase the difficulty of the experimental approach and limit the significance of its results. Many workers have thus tried to estimate growth rate in nature with a set of methods mainly based on age (size) frequency distribution and/or marks on scales and bones. Detailed reviews of these methods have been given by Tesch (1968), Weatherley (1972), Daget and Le Guen (1975), Ricker (1979) and Weatherley and Gill (1987).

The description of the general pattern of growth is generally made by means of a few widely known biomathematical models (see Ricker, 1979, for re-

[1]Present address: Centre ORSTOM, BP 5045, F-34032 Montpellier, France.

0044-8486/91/$03.50 © 1991 — Elsevier Science Publishers B.V.

view). Based on the Pütter equation[1] (Pütter, 1920), the Von Bertalanffy growth formula[2] (Von Bertalanffy, 1938) in the notation of Beverton and Holt (1959) has been widely used in fisheries science because of its supposed virtue of including terms that represent metabolic properties of assimilation (the somewhat uncritical use of asymptotic growth curves has been commented upon by Ricker, 1979). However, many growth analyses are unable to directly utilize curves of this sort, because varying environmental factors cause fish growth patterns to diverge more or less widely from idealized growth forms.

Age and growth determination has been considered to be more difficult in tropical than in temperate fishes (De Bont, 1967; Weatherley and Gill, 1987; De Merona et al., 1988) although Pauly (1983) considered that problems had generally been over-emphasized, especially for small tropical fishes. In order to circumvent these difficulties (practical as well as theoretical) some authors (e.g. De Merona, 1983) proposed a model for rapid estimation of growth.

However, in spite of many basic studies on fish growth, there is no clear confirmation of the idea that the greater the maximum length of a particular species, the greater its growth potential. To our knowledge, this (simple) hypothesis has never really been tested. The aim of the present paper is to show the validity and practical limitations of the maximum observed length (MOL) as an indicator of growth rates, for different species of African fishes of continental, estuarine or marine origin. The practical implication of these findings is that the MOL appears to be one of the most useful criteria for preselection of candidate fish species for aquaculture.

MATERIAL AND METHODS

The study was based on growth data collected from fish in their natural environment and, for a limited number of species, on results obtained in culture conditions.

In the natural environment, the relationship between the MOL and growth rates was analysed using the relationship between the MOL and the estimated length at 1 ($L1$) and 2 ($L2$) years of age. Lengths at more advanced ages were not taken into consideration because:

– it is generally agreed upon that small fishes have a shorter lifespan than

[1] $dw/dt = Hw^m - Dw^n$ where H and D are coefficients of rates of anabolism and catabolism, w = body weight, $m = 2/3$, $n = 1$.

[2] $Lt = L\infty\ (1 - e^{-K(t-t_0)})$ where Lt is the length at time t, $L\infty$ is the maximum size towards which the length of the fish is tending (asymptotic length), K is a measure of the rate at which the length approaches $L\infty$, t_0 indicates the (hypothetical) time at which the fish would have had zero length.

those of a larger size; small species tend to achieve their maximum length more quickly;
– it is not realistic, from an aquaculture point of view, to consider a growth cycle of more than 2 years with fish raised in tropical zones.

Taken from the literature, 58 pairs of values (MOL–$L1$ and MOL–$L2$) were used, corresponding to 47 species of continental or estuarine origin of which growth rates were studied in different environments (Table 1). Considering that a given species is likely to show great variability in growth rate and maximum length, depending on its environment, only reports allowing estimations of growth rates and maximum lengths in the same location were considered. Depending on the case, the MOL refers either to the value given by the authors or to the length of the largest individual caught in the samples when they were considered sufficiently varied and abundant. The lengths $L1$ and $L2$ were taken from age–length tables, graphic interpretation of growth curves, or from parameters of the Von Bertalanffy equation.

A similar procedure was followed for 22 marine species the growth rates of which were studied in the eastern part of the tropical Atlantic. In all, 26 pairs of values (MOL–$L1$ and MOL–$L2$) were used (Table 2). The MOL corresponds to the value given by the authors or, in a few cases, by Fisher et al. (1981).

In culture conditions (Table 3), the average length and weight reached at the age of 12 months for the six species tested by the Abidjan Oceanographic Research Center (A.O.R.C.) at the Layo Aquaculture station (Ebrié Lagoon, Ivory Coast) were used. After the hatchery phase and fry rearing in ponds, growout was performed in cage-enclosures or enclosures in the lagoon, with stocking rates of from 5 to 20 individuals per m^2. The fish were fed with a pelleted feed containing 30 to 35% crude protein. The MOL are those measured in the Ebrié Lagoon (Albaret, 1991) except for *Heterobranchus longifilis*, the largest specimen of which was captured in the Agneby River near its Ebrié Lagoon outlet.

Though different according to authors or species considered (Tables 1 to 3), the type of length (fork length, standard length) remains homogeneous in each pair of values and therefore had no effect on the observed relationships.

RESULTS

In the natural environment, a positive adjustment of the reduced major axis is obtained in all cases (continental and estuarine species, Fig. 1; or marine species, Fig. 2). The relationship between the MOL and the lengths at the ages of 1 and 2 years is highly significant, with correlation coefficients (r) between 0.812 and 0.959 ($P<0.001$; Table 4).

In culture conditions, the results obtained for the six species tested confirm these observations and also show a significant correlation ($P<0.01$; Fig. 3

TABLE I

Maximum observed length (MOL) and lengths at the ages of 1 and 2 years for 47 species of African fish from fresh and brackish waters

Species	MOL (mm)	Length at 1 year (mm)	Length at 2 years (mm)	Type of length	Location	Reference
Alestes baremoze	420	129	234	SL	Niger	Hopson, 1975*
Alestes baremoze (F)	305	130	196	SL	Chad	Durand and Loubens, 1969
Alestes baremoze (F)	284	154	199	SL	Ivory Coast	Paugy, 1978
Alestes baremoze (M)	282	124	180	SL	Chad	Durand and Loubens, 1969
Alestes baremoze (M)	266	128	175	SL	Ivory Coast	Paugy, 1978
Bagrus docmak	875	230	350	TL	Niger, Benue	Motwani, 1970
Bagrus meridionalis	970	100	190	TL	Lake Malawi	Tweddle, 1975
Brycinus imberi	189	98	126	SL	Lake McIlwaine	Marshall and Van der Heiden, 1977
Brycinus macrolepidotus	501	195	285	TL	Niger, Benue	Motwani, 1970
Brycinus nurse	201	90	130	SL	Ivory Coast	Paugy, 1980
Brycinus nurse	213	109	158	SL	Niger	Daget, 1952
Chrysichthys maurus	257	156	236	TL	Lekki Lagoon	Ikusemiju, 1976 (*)
Chrysichthys nigrodigitatus	700	180	240	FL	Ebrie Lagoon	Dia, 1975
Citharinus citharus	803	202	312	TL	Niger, Benue	Motwani, 1970
Clarias anguillaris	795	332	477	SL	Lake Kossou	Jocque, 1977
Clarias gariepinus	679	193	298	TL	Egypt	El Bolock, 1972 (*)
Clarias gariepinus	770	280	450	TL	Oubangui	Micha, 1973
Distichodus rostratus	1020	231	367	TL	Niger, Benue	Motwani, 1970
Ethmalosa fimbriata	300	145	190	FL	West Africa	Charles-Dominique, 1982
Gymnarchus niloticus	1450	370	590	TL	Niger, Benue	Motwani, 1970
Hemisynodontis membranaceus	443	180	280	TL	Niger, Benue	Motwani, 1970
Heterobranchus longifilis	1300	290	500	TL	Niger, Benue	Motwani, 1970
Heterotis niloticus	988	345	590	TL	Niger, Benue	Motwani, 1970
Hippopotamus discorhynchus	576	77	111	SL	Lake Kariba	Balon and Coche, 1974 (*)
Hydrocynus forskalii	780	126	206	SL	Chad	Srinn, 1974 (*)

Hydrocynus forskalii	820	230	355	TL	Niger, Benue	Motwani, 1970
Ichthyborus besse besse	210	140	175	SL	Chad	Lek and Lek, 1978
Labeo altivelis	434	79	129	SL	Lake Kariba	Balon and Coche, 1974 (*)
Labeo coubie	825	230	345	TL	Niger, Benue	Motwani, 1970
Labeo pseudocoubie	925	224	350	TL	Niger, Benue	Motwani, 1970
Labeo senegalensis	480	139	225	TL	Lake Kainji	Blake and Blake, 1978
Labeo senegalensis	485	180	310	TL	Niger, Benue	Motwani, 1970
Lates mariae	720	155	285	FL	Lake Tanganyika	Coulter, 1976
Lates niloticus	1636	242	363	SL	Chari	Loubens, 1974
Lates niloticus	1700	320	520	TL	Niger, Benue	Motwani, 1970
Micralestes acutidens	65	43	57	SL	Lake Kariba	Balon and Coche, 1974 (*)
Mormyops deliciosus	1100	227	375	TL	Niger, Benue	Motwani, 1970
Oreochromis andersonii (F)	360	139	208	FL	Kafue, Zambia	Dudley, 1974
Oreochromis andersonii (M)	450	136	211	FL	Kafue, Zambia	Dudley, 1974
Oreochromis lidole	380	130	230	L	Lake Malawi	Lowe, 1952 (*)
Oreochromis macrochir (M)	330	117	191	FL	Kafue, Zambia	Dudley, 1974
Oreochromis mossambicus	236	80	120	TL	Lake Sibaya	Bruton and Allonson, 1974
Oreochromis saka	340	120	220	L	Lake Malawi	Lowe, 1952 (*)
Oreochromis shiranus	290	100	180	L	Lake Malawi	Lowe, 1952 (*)
Oreochromis squamipinnis	330	90	170	L	Lake Malawi	Lowe, 1952 (*)
Petrocephalus bovei	110	70	90	SL	Ivory coast	De Merona, 1980
Polypterus senegalus	315	162	210	SL	Chari	Daget et al., 1965 (*)
Sarotherodon galilaeus	370	91	206	TL	Syria	El Bolock and Koura, 1961 (*)
Schilbe (Eutropius) niloticus	389	170	270	TL	Niger, Benue	Motwani, 1970
Schilbe (Schilbe) mystus	223	64	95	SL	Lake Kariba	Balon and Coche, 1974 (*)
Schilbe mystus	267	115	160	SL	Ivory Coast	Leveque and Herbinet, 1980
Synodontis nebulosus	150	44	64	SL	Lake Kariba	Balon and Coche, 1974 (*)
Synodontis zambesensis	272	80	105	SL	Lake Kariba	Balon and Coche, 1974 (*)
Tilapia rendalli (M)	400	138	220	FL	Kafue, Zambia	Dudley, 1974
Tilapia zillii	210	72	127	TL	Syria	El Bolock and Koura, 1961 (*)
Tilapia zillii (M)	250	95	158	SL	Niger	Daget, 1956 (*)
Tylochromis bangwelensis	277	68	103	FL	Lake Bangweulu	Griffith, 1977
Tylochromis jentinki	390	126	170	FL	Ebrie Lagoon	Amon Kothias, 1982

TL, total length; SL, standard length; FL, fork length; F, females; M, males.
*References in De Merona and Ecoutin (1979).

TABLE 2

Maximum observed length (MOL) and lengths at the ages of 1 and 2 years for 22 species from the tropical East Atlantic

Species	MOL (mm)	Length at 1 year (mm)	Length at 2 years (mm)	Type of length	Location	Reference
Balistes carolinensis	400	153	231	FL	Senegal	Caverivière et al., 1981
Brachydeuterus auritus	240	130	166	TL	Ivory Coast	Barro, 1976
Brachydeuterus auritus	220	129	184	FL	Congo	Fontana and Bouchereau, 1976
Brotula barbata	740	150	250	TL	Senegal	Levenez and Potier, 1983
Cynoglossus canariensis	540	264	340	TL	Ivory Coast	Chauvet, 1972
Dentex angolensis	350	160	200	FL	Congo	Cayre and Fontana, 1981
Dentex angolensis	350	136	181	FL	Ivory Coast	Konan, 1977
Epinephelus aeneus	1150	242	430	TL	Senegal	Cury and Worms, 1982
Epinephelus aeneus	900	180	242	TL	West Africa	Cadenat, 1935
Euthynus alletteratus	1000	311	389	FL	Senegal	Cayre and Diouf, 1980
Galeoides decadactylus	450	162	208	FL	Congo	Samba, 1974
Katsuwonus pelanis	1000	380	495	FL	Tropical Atlantic	Cayre et al., 1988
Pagelus coupei	302	109	179	TL	Ghana	Rijavec, 1973
Pagrus ehrenbergi	550	166	270	TL	Ghana	Rijavec, 1973
Pentanemus quinquarius	230	95	160	FL	Congo	Fontana and Baron, 1976
Pomadasys jubelini	520	150	230	TL	Congo	Longhurst, 1963
Pomatomus saltator	1060	209	375	TL	Senegal, Mauritania	Champagnat et al., 1983
Pseudotolithus senegalensis	630	231	318	TL	Congo	Troadec, 1971
Pseudotolithus senegalensis	520	195	263	TL	Senegal	Sun, 1975
Pseudotolithus typus	870	253	350	TL	Congo	Poinsard, 1973
Pseudupeneus prayensis	355	155	222	FL	Senegal	Chabanne, 1987
Pteroscion peli	230	121	186	TL	Congo	Fontana and Baron, 1976
Sardinella maderensis	310	154	214	FL	Congo	Gheno and Fontana, 1981
Sardinella aurita	330	180	233	FL	Congo	Gheno and Fontana, 1981
Thunnus albacares	2100	527	686	FL	Tropical Atlantic	Cayre et al., 1988
Thunnus obesus	2200	444	701	FL	Tropical Atlantic	Cayre et al., 1988

TL, total length; FL, fork length.

TABLE 3

Maximum observed length (MOL) in the wild and length or mean weight at the age of 12 months for the species cultured at the Layo Aquaculture station (Ebrié Lagoon, Ivory Coast)

Species	MOL (mm)	Weight at 12 months (g)	Length at 12 months (mm)	Type of length	Reference
Tilapia guineensis	315 (a)	85	165	FL	Legendre et al., 1991
Sarotherodon melanotheron	334 (a)	115	180	FL	Legendre et al., 1989
Chrysichthys maurus	403 (a)	70	165	FL	A.O.R.C., unpubl. data
Chrysichthys nigrodigitatus	700 (a)	170	230	FL	Anonymous, 1987
Trachinotus teraia	724 (a)	400 (c)	255 (c)	FL	Trebaol, pers. commun.
Heterobranchus longifilis	1200 (b)	900	490	TL	Legendre, 1991

TL, total length; FL, fork length.
(a) In the Ebrié Lagoon; (b) in the Agneby River, near its lagoon outlet; (c) estimates based on the duration of hatchery and nursery rearing phases (up to 20 g) obtained with *Trachinotus carolinus*.

and Table 4) between the MOL found in the natural environment and the lengths reached under culture conditions after 12 months.

The relationships obtained for continental and marine species in nature were compared two-by-two, at 1 and 2 years of age respectively, using the *t*-test which applies to the comparison of two reduced major axes (Mayrat, 1966). In the first case (MOL–$L1$) as well as in the second case (MOL–$L2$), no significant difference was found between the slopes or the intercepts for the two environments ($P > 0.1$).

The ratios $L1$/MOL and $L2$/MOL show that African fishes, both of continental and marine origin, on average reach approximately one-third and one-half of their maximum length at the end of their first and second years, respectively. However, a close examination of the relationships between the ratios $L1$/MOL, $L2$/MOL and the MOL shows that the simplest relation that can be fitted to the group of points is in the form $y = ax^b$, where $b < 0$ (Fig. 4, using as an example the marine species at the age of 2 years).

DISCUSSION

The present results show a clear strong positive linear relationship between the MOL and the lengths reached after 1 or 2 years of age for several African fish species. On average, therefore, in the first 2 years, species with a greater MOL reveal faster absolute growth rates than species with a smaller MOL.

This observation is in contrast to the short-cut model for the rapid estimation of fish growth proposed by De Merona (1983); this author indicates that at the age of 1 or 2 years, all species reach a more or less equivalent length, regardless of their maximum length. As the present approach was simple and

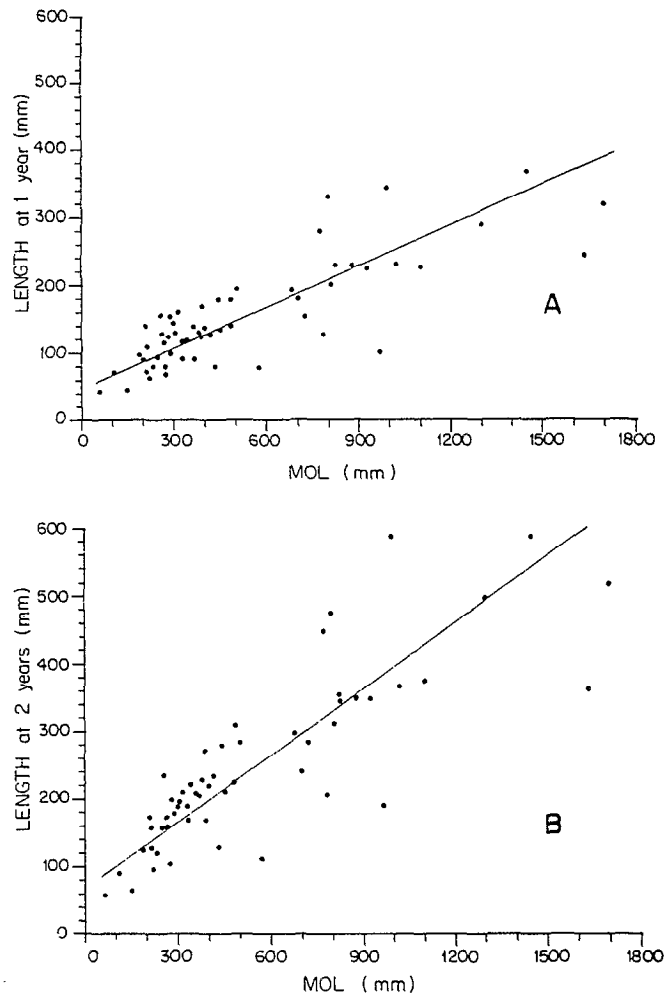


Fig. 1. Relationship between the maximum observed length (MOL) and the length at 1 year (A) and 2 years (B) for 47 species of African fish from fresh and brackish waters.

direct, this difference probably results from the approximations made by De Merona to establish his model.

No significant differences were found between the relationships obtained for marine and continental species at the age of 1 or 2 years. This suggests that fishes of both environments roughly follow the same rules of growth and that the observed relationships are valid. A similar comparison with species from temperate or cold water would be very useful in order to clarify the global incidence of climatic conditions on growth. In fact, it is a commonly held opinion that, in tropical conditions, organisms grow faster than in temperate

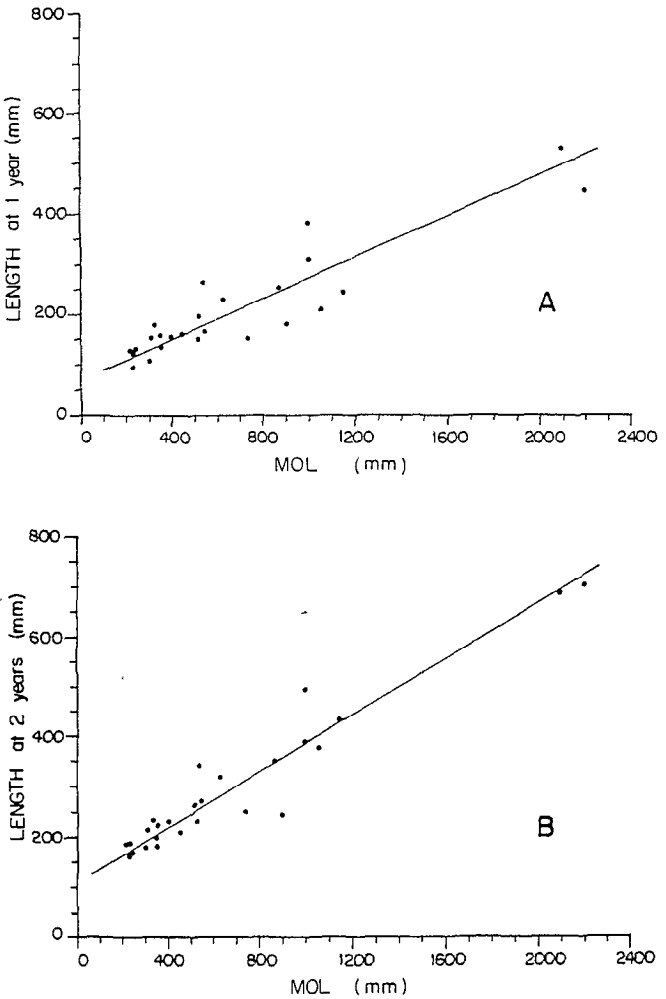


Fig. 2. Relationship between the maximum observed length (MOL) and the length at 1 year (A) and 2 years (B) for 22 species from the tropical East Atlantic.

conditions. But, in the case of fish, the recent observations by De Merona et al. (1988), tend to invalidate this principle.

The form of the relationship found between the relative growth (ratios $L1$/MOL and $L2$/MOL) and the MOL is in good agreement with the results of De Merona (1983), showing the existence of a similar relationship between the infinite length and the growth coefficient (K) of Von Bertalanffy's equation. Therefore, if the relative growth of a species tends to be as slow as its maximum length is great (which is accompanied by a greater longevity), this

TABLE 4

Statistical relationships between the maximum observed length (MOL) and the length at the ages of 1 year ($L1$) and 2 years ($L2$) for different species of African fishes in the wild or in culture. In all cases, adjustment of the relationships was made using the least rectangles method (reduced major axis)

Origin		N	Relationship	r
Wild	Continental or estuarine	58	$L1 = 0.205\ MOL + 45.57$	0.812***
		58	$L2 = 0.333\ MOL + 63.86$	0.835***
	Marine	26	$L1 = 0.202\ MOL + 70.72$	0.905***
		26	$L2 = 0.280\ MOL + 107.16$	0.959***
Culture	Lagoon	6	$L1 = 0.367\ MOL + 22.85$	0.960**

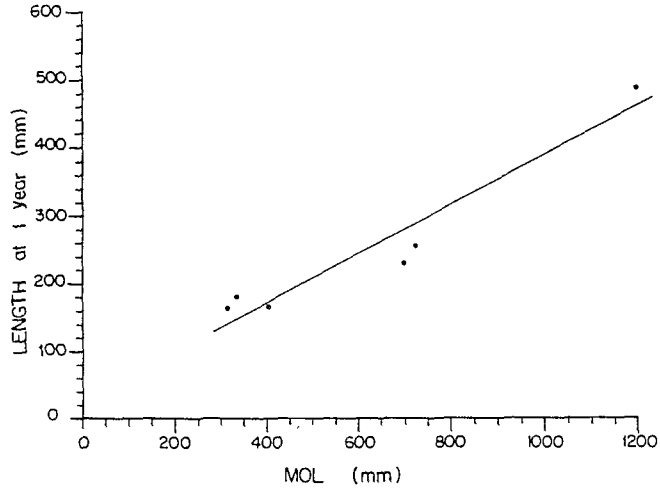


Fig. 3. Relationship between the maximum observed length (MOL) in the wild and the length at 1 year for the species raised at the Layo Aquaculture station.

is not incompatible with the fact that species of greater size on average show the fastest absolute growth rates.

However, the purpose of the present paper is not just to over-simplify such a complex phenomenon as fish growth. For example, in the wild and more particularly for fish of continental origin (Fig. 1), a high interspecific variability is observed among lengths at different ages for species of similar MOL. Although at least a part of this variability could be inherent to the different methods used in the original investigations, it is clear that the observation of maximum length cannot, by itself, be substituted for a precise growth study when accurate estimates are necessary. However, the present results confirm that the MOL is a useful tool for a rapid evaluation of growth rates in the

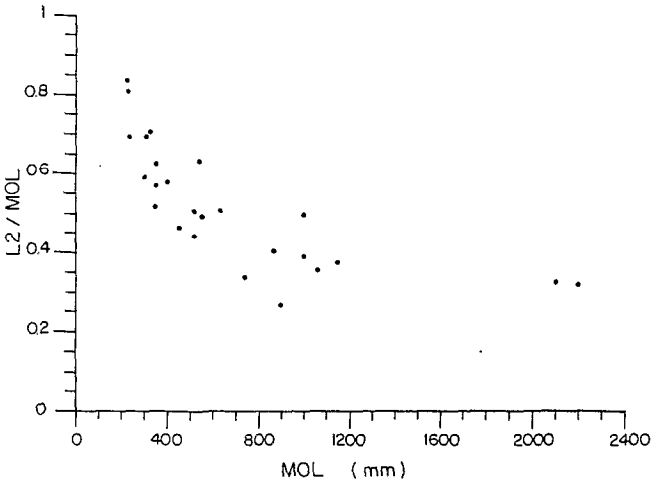


Fig. 4. Relationship between the maximum observed length (MOL) and the relative growth at the age of 2 years ($L2$/MOL ratio) for 22 species of the tropical East Atlantic.

absence of basic data and represents, as such, an interesting criterion for the preselection of species of potential interest for aquaculture.

Application to the preselection of species of interest for aquaculture

The potential for aquaculture of indigenous species of many aquatic tropical environments is still poorly known. This is particularly the case for West African brackishwater areas where aquaculture is a recent practice with acute problems in choosing appropriate species. This choice depends directly on biological and ecological characteristics of the species and on the environment, as well as on the economic and social context of the countries concerned.

In order to identify fish species of potential interest for aquaculture in Ivorian lagoons, a two-stage procedure was proposed (Legendre and Albaret, 1984):

(1) On the most objective biological and economic criteria, a preliminary screening, the *preselection* stage, retains those species that, among the entire local ichthyofauna, present the greatest potential for a given type of aquaculture.

(2) Then, in the *selection* stage, an evaluation of the aquaculture performances of the preselected species is made by means of culture trials.

Among the biological preselection criteria, indication of rapid growth constitutes an important element in the evaluation of the duration of the growing cycle and its potential profitability. In fact, growth capacity is obviously a major economic characteristic for culture, but accurate data on the growth of tropical fish, especially African species, are still scarce.

In this context, the MOL can be used as a criterion for a hierarchic classification of species with otherwise similar biological characteristics of reproduction, feeding habits or hardiness. Species of greater length should then be chosen because they have the highest probability of rapid growth in culture. But more than the growth in length, it is generally the gain in weight that matters in aquaculture. In fact, at equivalent MOL, and therefore at similar lengths after a given growout period, individual weights of the produced fish can differ noticeably. This is particularly so in the case of *C. nigrodigitatus* and *T. teraia*, species with similar MOL where the average weight after 12 months is two times greater in the latter than in the former (Table 3). Therefore, when preselecting for species of aquacultural interest based on their MOL, it seems useful to take into consideration the allometry of growth, which can easily be done using length–weight relationships.

Finally, in spite of the limited amount of data from culture conditions, it is interesting to note that the comparison between the MOL–$L1$ relationships obtained in culture and in the wild (Table 4) tends to confirm that aquacultural techniques lead effectively towards an optimisation of growth rates.

REFERENCES

Albaret, J.J., 1991. Les poissons: biologie et peuplements. In: P. Dufour, J.R. Durand and S.G. Zabi (Editors), Environnement et Ressources Aquatiques de Côte d'Ivoire. 2. Les milieux saumâtres: l'exemple de la lagune Ebrié. ORSTOM, in press.

Amon Kothias, J.B., 1982. Biologie écologie et pêche de *Tylochromis jentinki jentinki* (Cichlidae) en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Thèse de doctorat, Université de Bretagne Occidentale, Brest, 156 pp.

Anon., 1987. Projet Pilote de Développement de l'Aquaculture Lagunaire. Bilan des travaux 1985–1986. Ministère de la Production Animale de Côte d'Ivoire, 110 pp.+annexes.

Balon, E.K. and Coche, A.G., 1974. Lake Kariba: a Man-Made Tropical Ecosystem in Central Africa. Monographica Biologicae, W. Junk, The Hague, 767 pp.

Barro, M., 1976. Biologie et dynamique de *Brachydeuterus auritus* en Côte d'Ivoire. Thèse d'Université Biologie Animale, Univ. Paris VI, 200 pp.

Beverton, R.J.H. and Holt, S.J., 1959. A review of the lifespans and mortality rates of fish in nature, and their relation to growth and other physiological characteristics. In: The Lifespans of Animals: Ciba Found. Colloq. Ageing, 5: 142–177.

Blake, C. and Blake, B.R., 1978. The use of opercular bones in the study of age and growth in *Labeo senegalensis* from Lake Kainji, Nigeria. J. Fish Biol., 13: 287–295.

Brett, J.R., 1979. Environmental factors and growth. In: W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (Editors), Fish Physiology, Vol. VIII, Bioenergetics and Growth. Academic Press, New York, NY, pp. 599–675.

Bruton, M.N. and Allanson, B.R., 1974. Growth of *Tilapia mossambica* (Pisces: Cichlidae) in Lake Sibaya, South Africa. J. Fish. Biol., 6: 701–715.

Cadenat, J., 1935. Les Serranidae de la côte occidentale d'Afrique (du Cap Spartel au Cap-Vert). Rev. Trav. Off. Pêches Marit., VIII-4 (32):377–422.

Caverivière, A., Kulbicki, M., Konan, J. and Gerlotto, F., 1981. Bilan des connaissances ac-

tuelles sur *Balistes carolinensis* dans le golfe de Guinée. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr., Abidjan, 12(1): 1–78.

Cayre, P. and Diouf, T., 1980. Croissance de la thonine *Euthynnus alletteratus* (Rafinesque, 1810) établie à partir de coupes transversales du premier rayon de la nageoire dorsale. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr., Dakar-Tiaroye, 75, 18 pp.

Cayre, P. and Fontana, A., 1981. Les stocks démersaux profonds. In: A. Fontana (Editor), Milieu Marin et Ressources Halieutiques de la République Populaire du Congo. Rev. ORSTOM, Trav. Doc., no. 138, pp. 259–278.

Cayre, P., Amon Kothias, J.B., Stretta, J.M. and Diouf, T., 1988. Biologie des thons. In: A. Fonteneau and J. Marcille (Editors), Ressources, Pêche et Biologie des Thonidés Tropicaux de l'Atlantique Centre-est. FAO Doc. Tech. Pêches, 292: 157–268.

Chabanne, J., 1987. Le peuplement des fonds durs et sableux du plateau continental sénégambien. Etude de sa pêcherie chalutière. Biologie et dynamique d'une espèce caractéristique: le rouget (*Pseudupeneus prayensis*). ORSTOM, Etudes et Thèses, 355 pp.

Champagnat, C., Caverivière, A., Conand, C., Cury, P., Durand, J.R., Fonteneau, A., Freon, P. and Samba, A., 1983. Pêche, Biologie et Dynamique du Tassergal (*Pomatomus saltator*, Linnaeus 1766) sur les Côtes Sénégalo-Mauritaniennes. ORSTOM, Trav. Doc., no. 168, 270 pp.

Charles-Dominique, E., 1982. Exposé synoptique des données biologiques sur l'ethmalose (*Ethmalosa fimbriata*, S. Bowdich, 1825). Rev. Hydrobiol. Trop., 15: 373–397.

Chauvet, C., 1972. Croissance et détermination de l'age par lecture d'écailles d'un poisson plat de Côte d'Ivoire (*Cynoglossus canariensis*). Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr., Abidjan, 3(1): 1–18.

Coulter, G.W., 1976. The biology of *Lates* species in Lake Tanganyika, and the status of the pelagic fishery for *Lates* species and *Luciolates stapersii*. J. Fish. Biol., 9: 235–259.

Cury, P. and Worms, J., 1982. Pêche, biologie et dynamique du thiof (*Epinephelus aenus*, Geoffroy St. Hilaire, 1817) sur les côtes sénégalaises. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr., Dakar-Tiaroye, no. 82, 88 pp.

Daget, J., 1952. Mémoire sur la biologie des poissons du Niger Moyen. I. Biologie et croissance des espèces du genre *Alestes*. Bull. IFAN, sér. A, 14(1): 191–225.

Daget, J., 1956. Mémoire sur la biologie des poissons du Niger moyen: recherches sur *Tilapia zillii* (Gerv.). Bull. IFAN, sér. A, 18(1): 165–233.

Daget, J. and Le Guen, J.C., 1975. Les critères d'âges chez les poissons. In: M. Lamotte et F. Bourlière (Editors), Problèmes d'écologie; la Démographie des Populations de Vertébrés. Masson, Paris, pp. 253–289.

Daget, J., Bauchot, M.L. and Arnoult, J., 1965. Etude de la croissance chez *Polypterus senegalus* (Cuvier). Acta Zool., 46: 297–309.

De Bont, A.F., 1967. Some aspects of age and growth of fish in temperate and tropical waters. In: S.D. Gerking (Editor), The Biological Basis of Freshwater Fish Production. Blackwell, Oxford, pp. 67–88.

De Merona, B., 1980. Ecologie et biologie de *Petrocephalus bovei* (Poisson, Mormyridae) en Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM, Sér. Hydrobiol., 13 (3–4): 117–127.

De Merona, B., 1983. Modèle d'estimation rapide de la croissance des poissons. Application aux poissons d'eau douce d'Afrique. Rev. Hydrobiol. Trop., 16(1): 103–113.

De Merona, B. and Ecoutin, J.M., 1979. La Croissance des Poissons d'Eau Douce Africains: Revue Bibliographique et Essai de Généralisation. Réunion de Travail sur la Limnologie Africaine, ORSTOM, 139 pp.

De Merona, B., Hecht, T. and Moreau, J., 1988. Croissance des poissons d'eau douce africains. In: C. Leveque, M.N. Bruton and G.W. Ssentongo (Editors), Biologie et Ecologie des Poissons d'Eau Douce Africains. ORSTOM, Trav. Doc., 216: 191–219.

Dia, A.K., 1975. Détermination de l'âge de machoirons (*Chrysichthys nigrodigitatus*). Première estimation de la croissance. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr., Abidjan, 6(2): 139–151.

Dudley, R.G., 1974. Growth of *Tilapia* of the Kafue flood plain, Zambia. Predicted effects of the Kafue Gorge Dam. Trans. Am. Fish. Soc., 103(2): 281–291.

Durand, J.R. and Loubens, G., 1969. Croissance en longueur d'*Alestes baremoze* (Joannis, 1835) (Poissons, Characidae) dans le bas Chari et le lac Tchad. Cah. ORSTOM., Sér. Hydrobiol., 3(1): 107–119.

El Bolock, A.R., 1972. The use of vertebra for determining age and growth of the Nile catfish *Clarias lazera* (Cuv. & Val.) in the ARE. Bull. Inst. Océanogr. Fish., Cairo, 2: 53–82.

El Bolock, A.R. and Koura, R., 1961. The age and growth of *Tilapia galilaea* Art., *T. nilotica* L. and *T. zilii* Gerv. from Beteha area (Syrian region). Note mem. Hydrobiol. Dep. Cairo, 56: 1–17.

Fisher, W., Bianchi, G. and Scott, W.B. (Editors), 1981. Fiches FAO d'Identification des Espèces pour les Besoins de la Pêche. Atlantique centre-est; zones de pêche 34, 47 (en partie). Vols 1–7: pag. var.

Fontana, A. and Baron, J., 1976. Croissance de *Pentanemus quuinquarius* (barbillon) et *Pteroscion peli* (madongo) au Congo. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr., Pointe-Noire, no. 44, 7 pp.

Fontana, A. and Bouchereau, J.L., 1976. Croissance de *Brachydeuterus auritus* (Pelon) au Congo. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr., Pointe-Noire, no. 47, 8 pp.

Gheno, Y. and Fontana, A., 1981. Les stocks de petits pélagiques côtiers, les sardinelles. In: A. Fontana (Editor), Milieu Marin et Ressources Halieutiques de la République Populaire du Congo. Rev. ORSTOM, Trav. Doc., no. 138, pp. 213–257.

Griffith, J.S., 1977. Growth of the cichlid fish *Tylochromis bangwelensis* in Lake Bangweulu, Zambia. Trans. Am. Fish. Soc., 106(2): 146–150.

Hopson, J., 1975. Preliminary observations on the biology of *Alestes baremoze* (Joannis) in Lake Rudolf. Symp. Hydrobiol. and Fish. of Lake Rudolf. Molo, 25–29 May 1975. Lake Rudolf Fish. Res. Project, Kitale, Kenya, 25 pp.

Ikusemiju, K., 1976. Distribution, reproduction and growth of the catfish *Chrysichthys walkeri* (Gunther) in the Lekki lagoon (Nigeria). J. Fish. Biol., 8: 453–458.

Jocque, R., 1977. Une étude sur *Clarias senegalensis* Val. dans la région du lac de Kossou (Côte d'Ivoire). Hydrobiologia, 54(1): 49–65.

Konan, J., 1977. Biologie et dynamique de *Dentex angolensis* (Poll et Maul, 1953) du plateau continental ivoirien. Thèse de doctorat, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, 87 pp.

Legendre, M., 1991. Bilan des premiers essais d'élevage d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Clariidae), en milieu lagunaire (Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). Atelier international sur la recherche Aquacole en Afrique, 14–17 nov. 1988, Bouaké, Côte d'Ivoire, Proc. CRDI, in press.

Legendre, M. and Albaret, J.J., 1984. Protocole d'identification des espèces autochtones présentant un interêt potentiel pour l'aquaculture en milieu lagunaire. Cent. Rech. Océanogr., Abidjan, N.D.R. 07/84, 4 pp.

Legendre, M., Hem, S. and Cisse, A., 1989. Suitability of brackishwater tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. 2. Growth and rearing methods. Aquat. Living Resour., 2: 81–89.

Lek, S. and Lek, S., 1978. Ecologie et biologie de *Ichthyborus besse besse* (Joannis, 1835) (Pisces, citharinidae) du bassin du lac Tchad. Cybium, 3(4): 65–86.

Levenez, J.J. and Potier, M., 1983. Premiers éléments sur la biométrie et la pêche de la brotule *Brotula barbata* (Bloch et Sneider, 1801) au Sénégal. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr., Dakar-Tiaroye, 88: 13–39.

Leveque, C. and Herbinet, P., 1980. Caractères méristiques et biologie de *Schilbe mystus* (Pisces, Schilbeidae) en Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM. Sér. Hydrobiol., 13 (3–4): 161–170.

Longhurst, A.R., 1963. The bionomics of the fishery resources of the eastern tropical Atlantic. Fish. Publ. London, no. 20, 65 pp.

Loubens, G., 1974. Aspects de la biologie des *Lates niloticus* du Tchad. Cah. ORSTOM, Sér. Hydrobiol., 8(1): 3–21.
Lowe, R.H., 1952. Report on the *Tilapia* and other fish and fisheries of Lake Nyassa. Col. Off. Fish. Publ., 1(2): 1–126.
Marshall, B.E. and Van der Heiden, J.T., 1977. The biology of *Alestes imberi* Peters (Pisces, Characidae) in Lake McIlwaine, Rhodesia. Zool. Afr., 12(2): 329–346.
Mayrat, A., 1966. Croissance et développement chez les crustacés. Leur étude biométrique (avec quelques remarques sur les insectes). Mém. IFAN, no. 77: 502–648.
Micha, J.C., 1973. Etudes des Populations Piscicoles de l'Ubangui et Tentatives de Sélection et d'Adaptation de Quelques Espèces à l'Étang de Pisciculture. Cent. Tech. Forest. Trop., Nogent sur Marnes, 110 pp.
Motwani, M.P., 1970. Report to the Government of Nigeria on Fishery Investigations on the Niger and Benue Rivers in the Northern Region and Development of a Programme of Riverine Fishery Management and Training. FAO, UNDP Rep., no. TA 2771, 196 pp.
Paugy, D., 1978. Ecologie et biologie des *Alestes baremoze* (Pisces, Characidae) des rivières de Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM, Sér. Hydrobiol., 12 (3–4): 245–275.
Paugy, D., 1980. Ecologie et biologie des *Alestes nurse* (Pisces, Characidae) des rivières de Côte d'Ivoire. Cah. ORSTOM, Sér. Hydrobiol., 13 (3–4): 143–159.
Pauly, D., 1983. Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO Fish. Tech. Pap., 234, 52 pp.
Poinsard, F., 1973. Croissance des *Pseudotolithus typus* dans la région de Pointe Noire. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr., Pointe-Noire, no. 29, 11 pp.
Pütter, A., 1920. Wachstumsähnlichkeiten. Pfluegers Arch. Gesamte Physiol. Menschen Tiere, 180: 298–340.
Ricker, W.E., 1979. Growth rates and models. In: W.S. Hoar, D.J. Randall and J.R. Brett (Editors), Fish Physiology, Vol. VIII, Bioenergetics and Growth. Academic Press, New York, NY, pp. 677–743.
Rijavec, L., 1973. Biology and dynamics of *Pagellus coupei* (Dieuz, 1960), *Pagrus ehrenbergi* (Val. 1830) and *Dentex canariensis* (Poll. 1954) in Ghana waters. Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr., Abidjan, 4(3): 43–97.
Samba, G., 1974. Contribution à l'étude de la biologie et de la dynamique d'un Polinemidae ouest-africain, *Galeoides decadactylus* (Bloch 1793). Thèse 3ème cycle Univ. Bordeaux I, no. d'ordre 1141, 122 pp.
Srinn, K.Y., 1974. Biologie d'*Hydrocynus forskalii* du bassin tchadien. Thesis, Paul Sabatier Univ., Toulouse, 126 pp.
Sun, C., 1975. Etude de la biologie et de la dynamique de *Pseudotolithus senegalensis* V. (1833), poisson Sciaenidae, sur la côte sénégalaise. Thèse d'Université, Univ. Bretagne Occidentale, 145 pp.
Tesch, F.W., 1968. Age and growth. In: W.E. Ricker (Editor), Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters. IPB Handbook no. 3, Blackwell, Oxford, pp. 98–130.
Troadec, J.P., 1971. Biologie et dynamique d'un Sciaenidae ouest-africain, *Pseudotolithus senegalensis* (V.). Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr., Abidjan, 2(3), 225 pp.
Tweddle, D., 1975. Age and growth of the catfish *Bagrus meridionalis* Gunther in southern Lake Malawi. J. Fish Biol., 7: 677–685.
Von Bertalanffy, L., 1938. A quantitative theory of organic growth. Hum. Biol., 10: 181–213.
Weatherley, A.H., 1972. Growth and Ecology of Fish Populations. Academic Press, London, 293 pp.
Weatherley, A.H. and Gill, H.S., 1987. The Biology of Fish Growth. Academic Press, London, 443 pp.

LEGENDRE M. et ECOUTIN J.M., 1989.

Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. I - Reproduction.

Aquat. Living Resour., 2 :.71-79.

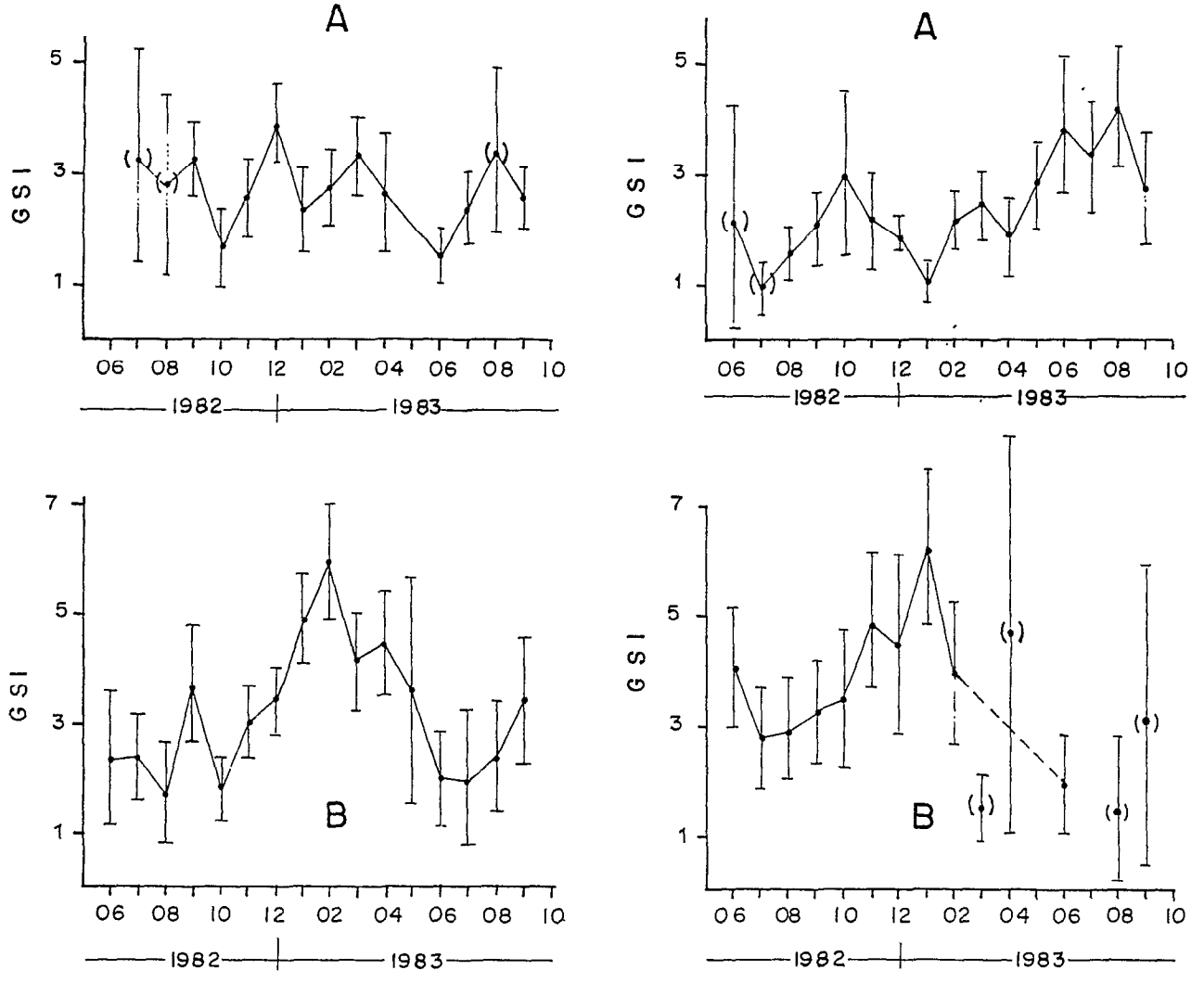


Figure 2. – Seasonal variations of the average GSI for females of *S. melanotheron* (on the left) and *T. guineensis* (on the right). A: lagoon; B: enclosure. Vertical bars refer to the confidence interval of the mean GSI at a 5%risk. Females which are considered here are only those which have a size superior to the size at first sexual maturity.

decrease in the sexual activity of both species during the rainy season (June-July), which corroborates the above mentioned observations concerning the seasonal reproductive cycle.

DISCUSSION AND CONCLUSION

Maturity size

It is known that under natural conditions, the maturation size of tilapia species tends to be smaller in small bodies of water than in larger ones (Lowe-McConnell, 1982). Since Ebrié lagoon is one of the largest brackishwater lagoons in West Africa, it is not surprising that the size at first maturity for wild populations of *T. guineensis* and *S. melanotheron* appears to be greater in this lagoon than in all other localities where it has been studied, with a possible exception in the case of *T. guineensis* from the Casamance River (Albaret, 1987).

For both species, but particularly for *S. melanotheron*, the size at first maturity is smaller under enclosure rearing conditions than in the wild. Under culture, sexual maturity is attained at between 6 and 8 months of age for *S. melanotheron* and between 7 and 9 months of age for *T. guineensis*. But because of a lack of data on the growth of tilapias under natural conditions, it is not possible to determine if the discrepancy observed between fish living under enclosure and under lagoon conditions is due only to a difference in growth rates or if it is also accompanied by a difference in the age at first maturity. Eyeson (1983) reported that in a confined environment *S. melanotheron* can be sexually active at 4 to 6 months old and at a size as small as 4 to 5 cm (SL). Lowe-McConnell (1982) demonstrated that populations of *Oreochromis niloticus* with low weight for

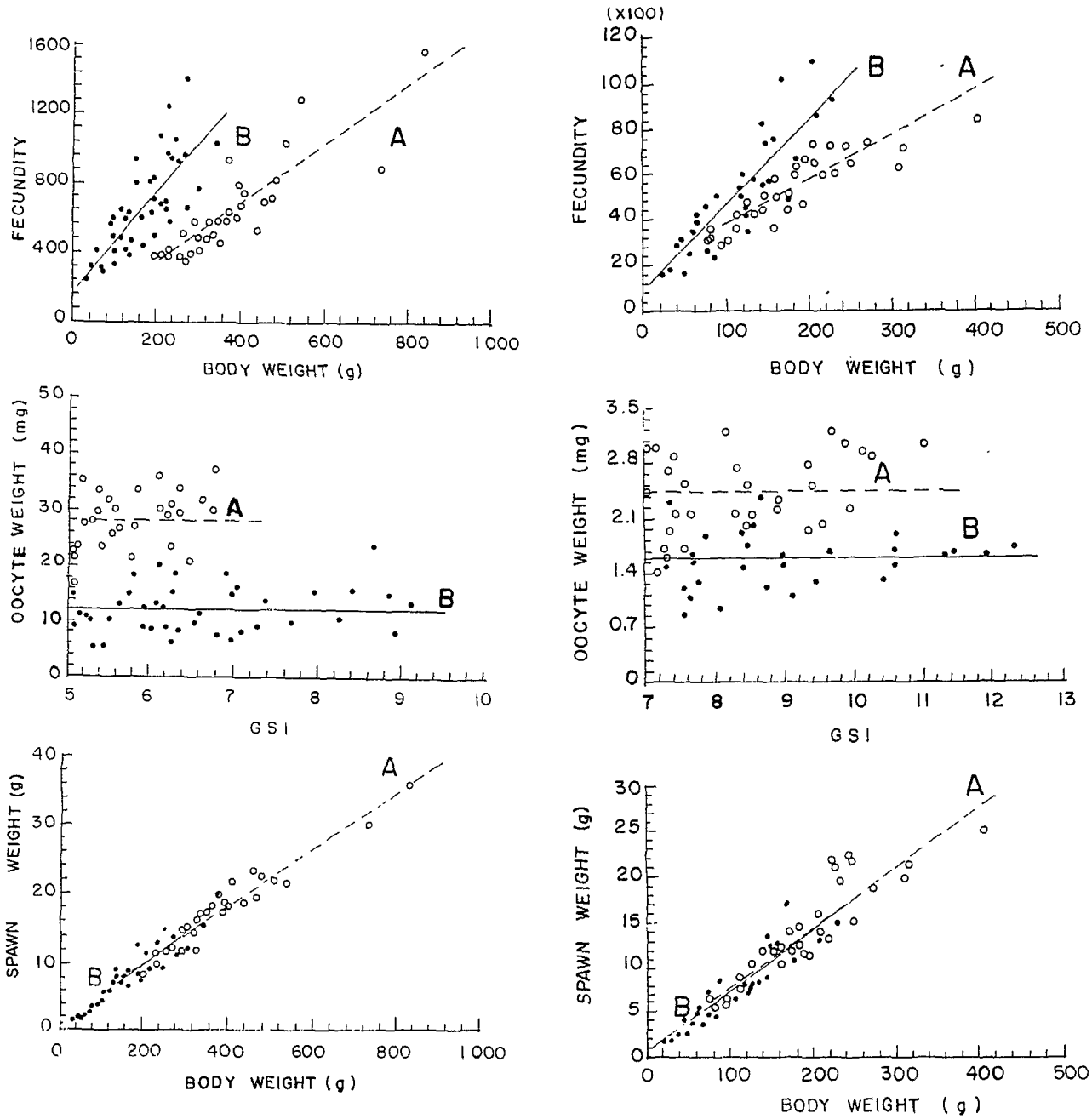


Figure 3. – Comparison between the following relations: Absolute fecundity to female body weight, oocyte weight to GSI and spawning weight to female body weight, for natural and reared populations of *S. melanotheron* (on the left) and of *T. guineensis* (on the right). A: lagoon; B: enclosure. In the middle graphs, horizontal lines refer to the mean oocyte weight.

length switch to reproduction at a smaller size than those in which the fish are in better condition. In our study, we also found an average condition factor (W/L^3) lower for the fish under culture (2.06 and 2.09) than for the fish from the wild (2.24 and 2.34, for *T. guineensis* and for *S. melanotheron* respectively). Moreover, it is interesting to note that in "acadja-enclos", a particular form of extensive rearing (Hem, 1988), where the condition factors for *S. melanotheron* are as high as in the lagoon, the size at first maturity (L_{50}) is about 18 cm, very similar to that observed under natural conditions.

Seasonal cycle

In Ebrié lagoon, *S. melanotheron* and *T. guineensis* reproduce throughout the year, either under natural or culture conditions. However, seasonal variations

Table 2. – Statistical relationships of absolute fecundity (F) to female body weight (W) and of spawn weight (Sp.Wt) to female body weight, and mean oocyte weight for natural and reared populations of *S. melanotheron* and *T. guineensis*.

Species	Origin	N	Relationship	*r*	Mean oocyte weight (mg)
S. melanotheron	Enclosure	46	F=2.61 W+203.9	0.777	12.06±1.28
			Sp.Wt=0.045 W+0.32	0.939	
	Lagoon	31	F=1.72 W−15.0	0.871	28.03±1.90
			Sp.Wt=0.041 W+1.60	0.963	
T. guineensis	Enclosure	34	F=38.02 W+783.2	0.864	1.58±0.12
			Sp.Wt=0.07 W+0.34	0.924	
	Lagoon	34	F=18.61 W+2018.0	0.883	2.41±0.17
			Sp.Wt=0.07 W+0.83	0.916	

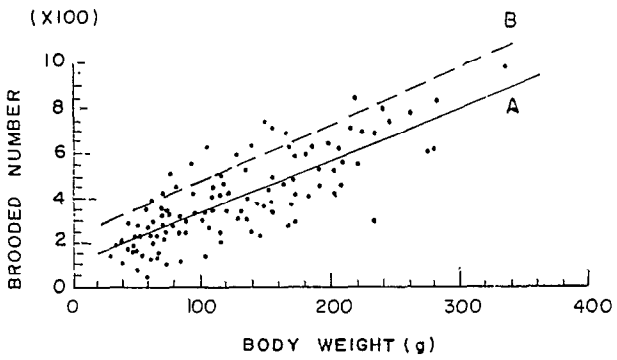


Figure 4. – Relation of the number of brooded eggs or fry to male body weight for *S. melanotheron* reared in enclosure (A) (N=2.29 W+107.15; *r*=0.739); (B) linear relationship of absolute fecundity to female body weight for *S. melanotheron* reared in enclosure (F=2.61 W+203.91; *r*=0.777).

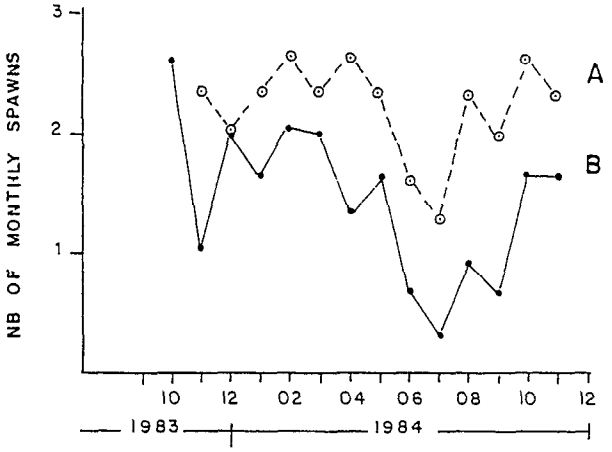


Figure 5. – Seasonal changes in the spawning frequency for *S. melanotheron* (A) and *T. guineensis* (B) in concrete tanks.

Table 3. – Spawning frequency for *S. melanotheron* and *T. guineensis* in concrete tanks.

Species	Pair (No.)	Observation period (day)	Average weight of breeding-fish (gram)		Nb. of spawning observed	Number of days between spawnings
			Female	Male		
S. melanotheron	1	587	172	194	43	14.0± 1.7
	2	475	164	130	30	15.8± 3.5
	3	398	152	269	34	12.1± 0.9
T. guineensis	1	601	171	213	38	16.2± 2.7
	2	433	132	154	18	25.5± 7.3
	3	408	112	286	20	21.5±12.1

in the intensity of the sexual activity have been observed. For both species, the proportion of maturing individuals, the mean GSI and the spawning frequency are higher during the dry season than during the rainy season. The fact that seasonal fluctuations in reproductive intensity are more evident at the Layo Station than in the Western sectors of Ebrié lagoon seems to be related to the higher hydroclimate stability of the latter (Durand and Skubich, 1982). At the station, the hydroclimate, strongly influenced by the vicinity of the Agneby river estuary in the lagoon, is subjected to a dominating continental influence during the flood season (Albaret and Legendre, 1983; Guiral, 1983). However, for any given environment, seasonal variations in relative fecundity have been observed for both species. In all the situations which have been studied, the relative fecundity is on the average higher during the dry season than during the rainy season (Ecoutin and Legendre, unpubl.). In a general way, these findings are consistent with those reported in the literature. For *S. melanotheron*, at a constant temperature in a laboratory greenhouse,

spawnings increases during periods of bright sunny days and falls noticeably during extended periods of dull weather (Aronson, 1951). In an estuary in Sierra Leone, *T. guineensis* and *S. melanotheron* both spawned during the dry season when the estuary became cut off from the sea by a sand bar (Payne, 1983). In other West African lagoons, both species are reported to reproduce all year round, although possible seasonal variations in the sexual activity were not clearly investigated (Pauly, 1976; Fagade, 1979; Eyeson, 1983).

Fecundity, oocyte weight and spawn weight

From the present study it has emerged that, for all our species/environment combinations, the spawn weight is more closely related to the female body weight than is the absolute fecundity. As far as spawn weight is concerned, individual fecundity variations are indeed compensated for by opposite variations of the oocyte weight; females having the highest fecundity rates generally lay smaller eggs, which was also observed by Peters (1983).

Drastic differences in absolute fecundity and oocyte weight have been recorded for both species between natural and reared populations. For the same female weight, eggs laid under enclosure conditions are smaller but more numerous than under natural conditions. On the other hand, the relationship between spawn weight and female body weight is similar in both environments. For the two species, the amount of gonadal tissue elaborated during the reproductive cycle (measured through the spawn weight) seems to represent a specific constant which may be genetically determined; the environment has an effect on how the gonadal matter is divided and on the reproductive strategy: small and numerous eggs or larger and less numerous eggs. In this particular study, the observed modifications in the egg weight and fecundity could be related to rather unfavourable rearing conditions reflected in the lower condition factor observed for the fish from the enclosures.

It is known that artificial feed is poorly used by these tilapia species under culture, as expressed by the high feed conversion ratio generally obtained (Legendre *et al.*, 1989). For *O. mossambicus*, a restricted food supply tends to reduce the number of eggs produced per spawn, but increase the spawning frequency (Miranova, 1977). For another cichlid fish, *Cichlasoma nigrofasciatum*, Townshend and Wooton (1984) also observed a reduction of fecundity at the lowest feeding rates. Thus, in our case it is difficult to explain both low condition factors and high fecundities simply by inappropriate feeding. As the daily rate of food distributed to the fish was high (5% of fish biomass), it also raises the question of food quality rather than quantity.

Other environmental clues, such as reduced living space, increased density and periodic fishing in the enclosures, might constitute stress factors which could also have an influence on egg production, either directly or indirectly through behavioural interactions. For example, the changes in fecundity reported by De Silva (1986) for different *O. mossambicus* populations of Sri Lankan reservoirs did not seem to be related to feeding, but were positively related to the fishing pressure on the water-body. In the enclosures, the division of the gonadal matter into smaller and more numerous eggs than in the wild should perhaps be interpreted as an adaptative response to stimuli perceived by the fish as a lower chance of success in fry survival. In fact, the precise nature and role of environmental and behavioural factors implicated in the different steps of egg production remain poorly understood in tilapia species, and there is a need for further research based on precise experimental procedures.

Mouth-brooding

For *S. melanotheron*, the number of fry produced per spawning for a given pair depends on the size of the female and also on that of the male (Aronson, 1949). Indeed, the number of eggs which can be taken into the mouth for brooding is limited by the volume of the buccal cavity; this volume is itself related to the weight of the male through a simple biometrical relationship (Legendre, unpubl.). A positive relationship was found between the number of brooded eggs or fry and the male body weight, this relation being parallel to the linear regression between the absolute fecundity and the female body weight. This argues for the existence of a size relationship between the male and female of a pair. From aquaria experiments, Barlow and Green (1970) found that the proportion of successful pairing was the highest when the male was of similar size or slightly smaller than the female, and tended to decrease when the male was larger than the female. It should be noted however, that for this species the highest and more regular spawning frequency was observed in our experiment for pairs in which the male was much larger than the female (*table* 3). If one considers that pairing of the breeders is preferably made between similar-sized males and females, then a loss of eggs (around 100) should occur when the male takes them into his mouth. Consequently, the efficiency of mouth brooding for *S. melanotheron* should be optimal when a female mates with a larger-sized male.

Applications: fry production in tanks

On the basis of the previous results, it is known that it is possible to produce *T. guineensis* and *S. melanotheron* fry throughout the year; however, during the rainy season a slight decrease in sexual activity takes place. Since we have predictive patterns of fecundity according to the female's size and of the number of brooded fry according to the male's size (for *S. melanotheron*) on one hand, and since we know the average spawning frequency of these species in concrete tanks on the other hand, it is possible to

establish a program of fry production for a fish farm over a year. As an indication, it has been shown that for *S. melanotheron* in 2 m^3 concrete tanks the spawning frequency was nearly the same with a group of 10 fish (sex ratio of 1 : 1) as with an isolated pair (Legendre, unpubl.). Under these conditions and with five 200 g females and five 300 g males, the theoretical yearly production is of about 90 000 eggs per tank.

Thus, contrary to what has been observed for most other cultured species, the reproduction of tilapias is spontaneous and sustained under rearing conditions. It is therefore quite easy to obtain a massive and regular production of fry, provided that there is good management of broodstock. In practice, the main difficulty lies in the simultaneous production of a great number of fry having a graded size.

REFERENCES

Albaret J. J., 1987. Les peuplements de poissons de la Casamance (Sénégal) en période de sécheresse. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, **20**, 291-310.

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. Sci. Cent. Rech. Océanogr.*, Abidjan, **14**, 57-67.

Aronson L. R., 1949. An analysis of reproductive behaviour in the mouthbreeding cichlid fish, *Tilapia macrocephala* (Bleeker). *Zoologica*, **34**, 133-158.

Aronson L. R., 1951. Factors influencing the spawning frequency in the female cichlid fish *Tilapia macrocephala*. *Am. Mus. Novit.*, **1484**, 1-26.

Barlow G. W., R. F. Green, 1970. The problems of appeasement and of sexual roles in the courtship behavior of the blackchin mouthbreeder, *Tilapia melanotheron* (Pisces: Cichlidae). *Behaviour*, **16**, 84-115.

De Silva S. S., 1986. Reproductive biology of *Oreochromis mossambicus* populations of man-made lakes in Sri Lanka: a comparative study. *Aquac. Fish. Manage.*, **17**, 31-48.

Durand J. R., J. M. Chantraine, 1982. L'environnement climatique des lagunes ivoiriennes. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, **15**, 85-113.

Durand J. R., M. Skubich, 1982. Les lagunes ivoiriennes. *Aquaculture*, **27**, 211-250.

Eyeson K. N., 1983. Stunting and reproduction in pond-reared *Sarotherodon melanotheron*. *Aquaculture*, **31**, 257-267.

Fagade S. O., 1979. Observations on the biology of two species of *Tilapia* from the Lagos lagoon, Nigeria. *Bull. IFAN*, Ser. A, **3**, 627-653.

Guiral D., 1983. Physicochimie et biogéochimie des eaux et des sédiments à la station d'aquaculture de Layo (lagune Ebrié, Côte-d'Ivoire). *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr.*, Abidjan, **14**, 1-29.

Hem S., 1982. L'aquaculture en enclos: adaptation au milieu lagunaire ivoirien. *Aquaculture*, **27**, 261-272.

Hem S., 1988. First results on "acadja-enclos" used as an extensive culture system. *In:* Proc. Atelier International sur la Recherche Aquacole en Afrique, Bouaké, Côte-d'Ivoire, 14-17 nov. 1988, CRDI (in press).

Legendre M., 1983. Observations préliminaires sur la croissance et le comportement en élevage de *Sarotherodon melanotheron* (Ruppel, 1852) et de *Tilapia guineensis* (Bleeker, 1862) en lagune Ebrié (Côte-d'Ivoire). *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr.*, Abidjan, **14**, 1-36.

Legendre M., S. Hem, A. Cisse, 1989. Suitability of brackishwater tilapia species from Ivory Coast for lagoon aquaculture. II-Growth and rearing methods. *Aquat. Living Resour.*, **2**, 81-89.

Lowe-McConnell R. H., 1982. Tilapias in fish communities. *In:* R. S. V. Pullin, R. H. Lowe-McConnell Eds., The biology and culture of tilapias. *ICLARM Conf. Proc.*, 7, 83-113.

Miranova N. V., 1977. Energy expenditure on egg production in young *Tilapia mossambica* and the influence of maintenance conditions on their reproductive intensity. *J. Ichthyol.*, **17**, 267-633.

Pauly D., 1976. The biology, fishery and potential for aquaculture of *Tilapia melanotheron* in a small West African lagoon. *Aquaculture*, 7, 33-49.

Payne A. I., 1983. Estuarine and salt tolerant tilapias. *In:* Proc. Int. Symp. on tilapia in aquaculture, Nazareth, Israel, May 8-13, 1983, 534-540.

Peters H. M., 1971. Testis weights in *Tilapia* (Pisces: Cichlidae). *Copeia*, 13-17.

Peters H. M., 1983. Fecundity, egg weight and oocyte development in tilapias (Cichlidae, Teleostei). *ICLARM Translations*, **2**, 28 p.

Sivalingam S., 1976. The biology of cultivable brackishwater and marine finfish in Africa. *In:* Proc. FAO/CIFA Symp. on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana. *CIFA Tech. Pap.*, **4**, 283-291.

Townshend T. J., R. J. Wootton, 1984. Effects of food supply on the reproduction of the convict cichlid, *Cichlasoma nigrofasciatum*. *J. Fish Biol.*, **24**, 91-104.

Trewavas E., 1982. *Tilapia:* Taxonomy and speciation. *In:* R. S. V. Pullin, R. H. Lowe-McConnel Eds., The biology and culture of tilapias. *ICLARM Conf. Proc.*, **7**, 3-13.

Trewavas E., 1983. Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon, Oreochromis* and *Danakilia*. British Museum (Natural History), London, 583 p.

LEGENDRE M. et ECOUTIN J.M., 1991.

Aspects de la stratégie de reproduction de Sarotherodon melanotheron : Comparaison entre une population naturelle (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire) et différentes populations d'élevage.

In : Proceedings of the 3th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 11-16 nov. 1991, Abidjan, Côte d'Ivoire. ICLARM/CRO, (texte provisoire).

ASPECTS DE LA STRATEGIE DE REPRODUCTION DE *SAROTHERODON MELANOTHERON* (RUPPEL, 1852): COMPARAISON ENTRE UNE POPULATION NATURELLE (LAGUNE EBRIE, COTE D'IVOIRE) ET DIFFERENTES POPULATIONS D'ELEVAGE.

Marc LEGENDRE (1) et Jean Marc ECOUTIN (2)

(1) : Centre de Recherches Océanographiques, BP V18, Abidjan, Côte-d'Ivoire.
Adresse actuelle : ORSTOM, BP 5045, 34032 Montpellier cedex, France.

(2) : ORSTOM-CRHB, BP 1984, Conakry, Guinée.

RESUME

La taille de première maturation sexuelle, la fécondité absolue, le poids des ovocytes et le poids des pontes ont été comparés chez des femelles de *S. melanotheron* collectées en milieu naturel (lagune Ebrié) et dans différentes situations d'élevage lagunaire, élevage intensif en enclos et élevage extensif en "acadja-enclos" (enclos aménagés de branchages ou de bambous).

En enclos, les femelles parviennent à maturité à une taille inférieure, et produisent des ovocytes plus petits et plus nombreux que dans le milieu naturel. En "acadja-enclos", où les conditions sont intermédiaires entre celles de l'élevage intensif et celles du milieu naturel, une situation intermédiaire est aussi observée pour la fécondité et la taille des ovocytes produits, mais la taille de première maturation reste voisine de celle rencontrée en milieu naturel.

Les relations entre poids de ponte et poids de femelle sont en revanche remarquablement voisines quelle que soit l'origine des poissons. Ces résultats suggèrent que la quantité de matière élaborée au cours d'un cycle de reproduction (évaluée par le poids de ponte) est une constante spécifique qui pourrait être déterminée génétiquement; l'environnement intervient sur la manière dont est divisé le matériel gonadique et sur la tactique de reproduction : oeufs petits et nombreux ou gros mais peu nombreux.

INTRODUCTION

Sarotherodon melanotheron est une espèce estuarienne typique que l'on retrouve en abondance dans la plupart des lagunes et estuaires ouest-africains, où elle peut vivre et se reproduire dans une gamme de salinité très étendue (de 0 à 90 $g.l^{-1}$; Albaret, 1987). Son intérêt potentiel pour la pisciculture a été évoqué en diverses occasions (Sivalingam, 1976; Pauly, 1976; Legendre, 1983). Toutefois, les différents essais pratiqués dans les conditions d'un élevage intensif, basé sur l'utilisation d'une alimentation artificielle, ont montré des résultats décevants (faible croissance, mauvaise transformation des aliments composés) qui ne permettent pas en l'état actuel d'envisager une exploitation rentable (Legendre *et al.*, 1989).

Une voie qui paraît plus prometteuse est celle de l'élevage extensif en "acadja-enclos" (Hem, 1988); une méthode d'élevage dérivée de la très productive pêcherie traditionnelle en acadjas développée dans les lagunes du Bénin (Welcomme, 1972). Les acadjas sont des amas organisés de branchages installés en zones lagunaires peu profondes, dans lesquels certaines espèces du peuplement naturel, dont *S. melanotheron*, se concentrent et se multiplient. Cet effet attractif des acadjas semble résulter, d'une part, de l'importante augmentation des surfaces sur lesquelles se développent micro-faune et épiphytes, sources de nourriture pour les poissons, et, d'autre part, du rôle d'abri joué par ces structures. Basé sur un principe identique, l'objectif de l'acadja-enclos est de favoriser le développement de nourriture naturelle dans le milieu d'élevage, réduisant d'autant le besoin en aliments composés et, par voie de conséquence, le coût de production du poisson (Hem, 1988). Les premiers essais d'élevage extensif utilisant la technique des acadja-enclos ont donné des résultats encourageants : des rendements annuels en poissons de plus de 8 t/ha d'acadja, dont 60 à 90% de *S. melanotheron*, sont possibles sans aucun apport en aliment artificiel (Hem, 1988; Legendre *et al.*, 1989; Hem et Avit, 1991).

Compte tenu de cette nouvelle orientation donnée aux élevages de *S. melanotheron*, il a paru utile de préciser les principales caractéristiques de la reproduction de cette espèce dans l'environnement particulier des acadja-enclos. Dans le présent travail, la taille de première maturation, la fécondité absolue, le poids des ovocytes et le poids des pontes sont déterminés dans deux acadja-enclos de nature différente (supports constitués de fagots de branchages ou de tiges de bambous). Les résultats sont ici comparés à ceux d'une précédente étude, où une analyse de la reproduction de *S. melanotheron* avait été réalisée sur la base d'échantillons prélevés en milieu naturel (lagune Ebrié) et en élevage intensif en enclos (Legendre et Ecoutin, 1989). Que ce soit en milieu naturel ou en élevage, les femelles de *S. melanotheron* parvenues à maturité sexuelle, effectuent des cycles de reproduction successifs sans interruption tout au long de l'année.

MATERIEL ET METHODES

Les observations et les essais d'élevage ont été réalisés à la station d'aquaculture expérimentale de Layo, située à 40 km à l'ouest d'Abidjan dans une région oligo-mesohaline de la lagune Ebrié (Côte-d'Ivoire).

Origine des poissons et caractéristiques des élevages

Quatre populations de *S. melanotheron* sont étudiées : une population naturelle, une population élevée en enclos lagunaire avec distribution d'aliment composé et deux populations élevées dans deux acadja-enclos sans aucun apport d'aliment exogène.

Les spécimens sauvages ont été obtenus sur les secteurs oligohalins de la partie ouest de la lagune Ebrié. Ils ont été achetés directement aux pêcheurs lagunaires peu après leur capture et traités au laboratoire le même jour.

En élevage intensif, des *S. melanotheron* de tailles variées ont été placés en association avec *Tilapia guineensis* dans un enclos non aménagé de 625 m^2, à une densité initiale d'empoissonnement de 5 individus par m^2. Les poissons ont été nourris avec un aliment granulé à 31% de protéines brutes (Legendre, 1986), distribué deux fois par jour et six jours par semaine avec une ration quotidienne fixée à 5% de la biomasse totale des poissons. Initialement, ces poissons avaient été capturés dans les étangs de la station qu'ils avaient spontanément colonisés à partir de la lagune (Albaret et Legendre, 1983). Ils correspondent à des individus ayant pénétrés dans les étangs à l'état d'alevins ainsi qu'à des poissons de première génération nés dans les étangs.

Dans le premier acadja-enclos, un récif artificiel constitué de 200 fagots de branchages a été implanté sur une superficie de 200 m^2 dans un enclos de 625 m^2. Cette structure a été empoissonnée avec 1000 *S. melanotheron* d'élevage de 40 g de poids moyen initial (densité de 1,6 poissons par m^2 d'enclos).

Le second acadja-enclos était constitué de 4000 bambous piqués verticalement dans le sédiment (voir Hem et Avit, 1991) sur une superficie de 800 m^2 dans un enclos de 1250 m^2. Un empoissonnement avec 4000 juvéniles de *S. melanotheron* d'élevage de 5 g de poids moyen initial a été réalisé (densité de 3,2 poissons par m^2 d'enclos).

Les juvéniles utilisés pour l'empoissonnement des acadja-enclos ont été produits à partir de lots de géniteurs initialement capturés en lagune Ebrié et fréquement renouvelés avec des individus sauvages.

Echantillonnage et étude de la reproduction

Dans le milieu naturel et dans l'enclos, des échantillons mensuels d'effectif généralement supérieur à 30 individus ont été prélevés simultanément, sur une période de 16 mois entre 1982 et 1983. Dans les deux acadja-enclos, la totalité des poissons a été pêchée en une seule fois, 12 mois après l'empoissonnement. Dans les deux cas, les observations ont été effectuées sur un échantillon d'environ 250 individus. La pêche du premier acadja-enclos a eu lieu en novembre 1986 et celle du second en mars 1988.

Dans tous les cas, la longueur à la fourche (LF $\pm$ 1 mm) et le poids (P $\pm$ 1 g) ont été déterminés pour chaque individu. Le stade de maturité sexuel a été déterminé par examen macroscopique des gonades, selon une échelle présentée antérieurement (Legendre et Ecoutin, 1989). Après dissection, les gonades ont été pesées au dixième de gramme pour le calcul du rapport gonado-somatique (RGS = (poids des gonades x 100)/poids du poisson entier).

La taille de première maturation sexuelle (L50) est ici définie comme la longueur à la fourche à laquelle 50% des poissons se trouvent à un stade avancé de leur premier cycle sexuel (vitellogenèse en cours pour les femelles ou présence de sperme intratesticulaire pour les mâles). De plus, afin de mieux cerner l'étalement de la gamme de taille dans laquelle la première maturation est susceptible d'intervenir, il est utile de préciser, outre le L50, la longueur du plus petit individu mature ainsi que la taille à laquelle la quasi-totalité (95%) des poissons observés sont à un stade de maturation avancée.

Déterminée à partir des ovaires de femelles en fin de maturation, la fécondité représente ici le nombre des ovocytes qui appartiennent au groupe modal de plus grand diamètre. Ce groupe d'ovocytes est alors nettement séparés du reste de la population ovocytaire et correspond approximativement aux ovules qui seront émis à la ponte. Le poids moyen des ovocytes a été déterminé par pesée (au milligramme près) de 50 ovocytes soigneusement débarrassés de toute trace d'humidité superficielle avec du papier absorbant. Le poids de ponte (il s'agit plus précisément du poids total des ovocytes destinés à être pondus) a été calculé par le produit : fécondité x poids moyen d'un ovocyte. Le calcul du poids de ponte n'ayant de sens que chez les individus dont la croissance ovocytaire est achevée, le poids moyen d'ovocyte n'a été déterminé que pour les femelles de RGS supérieur à 5. A partir de cette valeur de RGS, aucune relation entre poids moyen d'ovocyte et RGS n'a été mise en évidence pour les populations de *S. melanotheron* étudiées (données non publiées).

L'analyse de variance à un facteur et le test de comparaison multiple de moyennes de Duncan ont été utilisés pour la comparaison des poids moyens d'ovocytes de *S. melanotheron* des quatre milieux. Les relations entre fécondité et poids de femelle, d'une part, et entre poids de ponte et poids de femelle, d'autre part, ont été comparées par l'analyse de covariance appliquée à la comparaison multiple de droites de régression.

RESULTATS

Taille de première maturation sexuelle (fig. 1, tabl. 1)

Dans les conditions de l'élevage en enclos non aménagé, avec distribution d'aliments composés, les femelles de *S. melanotheron* parviennent à maturité à une taille (L50) très inférieure (140 mm) à celle relevée dans les conditions naturelles (176 mm). Une plus forte proportion de petits individus sexuellement actifs est aussi observée dans la population de l'enclos (fig. 1). En revanche, pour les populations des deux acadja-enclos, les tailles de première maturation sexuelle sont élevées (166 et 189 mm) et encadrent celle observée pour les femelles du milieu naturel. Les résultats indiquent par ailleurs que la première maturation sexuelle intervient à une taille similaire chez les mâles et chez les femelles.(tabl. 1).

Fécondité, poids d'ovocytes et poids de ponte (fig. 2 et 3, tabl. 2)

- Cas des populations du milieu naturel et de l'élevage en enclos

En milieu naturel comme en élevage en enclos, la fécondité et le poids de ponte sont positivement corrélés avec le poids corporel des femelles (fig. 2). Toutefois, dans les deux cas, les coefficients de corrélation obtenus traduisent une relation plus étroite entre poids de ponte et poids corporel qu'entre fécondité et poids de femelle (tabl. 2). Dans chacun des milieux, les variations individuelles de fécondité sont en effet compensées dans le poids de ponte par une variation en sens inverse du poids des ovocytes. Le poids des ovocytes et la fécondité montrent une évolution en miroir, de sorte qu'à poids équivalent les femelles présentant les fécondités les plus élevées produisent des ovocytes de plus petite taille (fig. 3, en prenant pour exemple les femelles du milieu naturel).

Des différences très marquées sont misent en évidence dans les caractéristiques de la reproduction de *S. melanotheron* dans les deux milieux. Pour un même poids de femelle, les ovocytes produits en milieu d'élevage sont systématiquement plus petits et plus nombreux que dans les conditions naturelles. En revanche, les relations entre le poids de ponte et le poids corporel des femelles sont équivalentes pour les deux environnements (fig. 2 et tabl. 2).

- Comparaison avec les populations des acadja-enclos

En acadja-enclos, contrairement à la situation décrite précédemment, les coefficients de corrélation des relations entre poids de ponte et poids de femelle ne montrent pas d'amélioration par rapport à ceux obtenus dans la relation entre fécondité et poids de femelle (tabl. 2). Mais ceci peut être attribué aux effectifs plus restreints de femelles prises en compte dans le calcul du poids de ponte (femelles de RGS > 5 uniquement).

Dans les deux acadja-enclos (fig. 3), les relations entre fécondité et poids de femelle sont voisines. Elles sont en revanche nettement intermédiaires à celles observées en enclos et en milieu naturel, dont elles diffèrent significativement par la pente ou par la position ($p<0.001$). Des observations complémentaires (non publiées) ont montré que la fécondité de *S. melanotheron* varie saisonnièrement et est légérement plus élevée en saison sèche qu'en saison des pluies. Les individus considérés pour les populations de la lagune et de l'enclos ont été échantillonnés sur l'ensemble du cycle annuel et intègrent cette variabilité saisonnière, alors qu'en acadja-enclos les échantillonages ont été ponctuels. Il apparaît cependant clairement que la différence de fécondité entre les femelles des acadja-enclos et les femelles des deux autres milieux excède celle qui pourrait être due à la simple variabilité saisonnière et traduit bien une différence entre populations.

Le poids moyen des ovocytes des femelles provenant de l'acadja-enclos n°1 (19 mg) montre aussi une position intermédiaire ($p<0.05$) par rapport à ceux des femelles provenant de l'enclos (12 mg) et du milieu naturel (28 mg; fig. 2). Pour les femelles de l'acadja-enclos n°2, le poids moyen des ovocytes ne diffère pas significativement de celui observés pour les femelles de l'enclos ou de l'acadja-enclos n°1. D'autres observations ont montré que la taille des ovocytes tend à augmenter avec le poids des poissons jusqu'à 100 g environ et atteint ensuite un plateau (données non présentées). De ce fait,

pour la population de l'enclos où quelques petits individus font partie de l'échantillon (fig. 2), le poids moyen des ovocytes (12.06 mg $\pm$ 4.20) est légérement sous-estimé et passe à 13.35 mg $\pm$ 3.70 lorsque seuls les individus de poids supérieur à 100 g sont considérés. Ceci ne modifie cependant pas les conclusions précédentes concernant la comparaison des différentes populations.

Les relations entre poids de ponte et poids corporel sont équivalentes quelle que soit l'origine des femelles (tabl. 2 et fig. 2); aucune différence significative n'étant mise en évidence, que ce soit pour la pente ou pour la position, entre les droites de régression calculées pour les quatre milieux étudiés (milieu naturel, enclos d'élevage avec ou sans apport en aliments composés). Contrairement à la fécondité et à la taille des ovocytes produits, le poids de ponte apparaît donc ici comme une variable indépendante de l'environnement du poisson.

DISCUSSION

Dans cette étude, tous les poissons ont une même origine, la lagune Ebrié, et ne descendent pas, pour les individus produits en élevage, d'une souche de géniteurs longuement isolée de la population naturelle. En outre, dans les acadja-enclos, il semble que même lorsqu'un empoissonnement artificiel est effectué, une partie de la population soit constituée par des individus sauvages qui, ayant pénétrés dans la structure à l'état juvénile, ont été retenus par le maillage du filet après croissance (Hem, comm. pers.). On peut considérer que tous les poissons étudiés ont un même patrimoine génétique et que les modifications observées dans les caractéristiques de leur reproduction correspondent à des réponses adaptatives (phénotypiques) aux différents environnements.

Taille de première maturation sexuelle

Dans les conditions de l'élevage en enclos, la taille de première maturation sexuelle (L50) est très inférieure à celle observée en lagune Ebrié. En revanche, dans les deux acadja-enclos, la première maturation intervient à une taille voisine de celle des femelles du milieu naturel, légèrement inférieure dans un cas et légèrement supérieure dans l'autre.

Le fait que les superficies et les emplacements lagunaires de l'enclos et des acadja-enclos soient similaires indique que ni la captivité sur le site particulier de Layo, ni l'espace vital disponible (en terme de volume de lagune enclose), ne peuvent être considérés comme des facteurs responsables de l'abaissement important de la L50 observé en élevage intensif.

Lowe-McConnell (1982) rapporte également que, chez *Oreochromis niloticus*, les populations naturelles dont les individus ont un poids faible pour leur longueur, tendent à entrer en reproduction à une taille inférieure aux populations dont les poissons présentent une meilleure condition. Dans la présente étude, une assez bonne concordance entre faible condition des poissons et taille de première maturation réduite est également observée pour les populations étudiées (tabl. 3). Ceci suggère une incidence trophique dans le détermisme de la maturation sexuelle, mais ne signifie pas que l'alimentation soit le seul facteur important.

Bien qu'il n'y ait pas unanimité (voir Noakes et Balon, 1982), il est généralement admis que, chez les tilapias, l'abaissement de la taille et de l'âge à la première reproduction est une adaptation

à des conditions de vie défavorables (Fryer et Iles, 1972; Ruwet *et al.*, 1976; Lowe-McConnell, 1982). La faible condition observée pour les poissons de l'enclos, qui présentent la L50 la plus réduite, va dans le sens de cette interprétation.

En élevage intensif, la première maturation sexuelle de *S. melanotheron* intervient à l'âge de 6 à 8 mois. Mais en l'absence de données sur la croissance de cette espèce en lagune Ebrié ou en acadja-enclos, on ne peut préciser si les différences observées dans la L50 résultent d'une simple différence de croissance ou si elles s'accompagnent également d'une différence dans l'âge à la première maturation. Eyeson (1983) rapporte que lorsque les poissons sont maintenus en milieu confiné, *S. melanotheron* peut être sexuellement actif dès l'âge de 4 à 6 mois à une taille aussi réduite que 4 à 5 cm (longueur standard).

Fécondité et taille des ovocytes

Deux niveaux de variations de la fécondité sont mis en évidence dans cette étude, une variation entre individus appartenant à une même population et une variation très marquée entre populations. Au niveau individuel, les résultats ont montré que, pour des femelles de poids équivalents, les variations de fécondité s'accompagnent d'une variation en sens inverse du poids des ovocytes; ils confirment donc pleinement les observations de Peters (1963) sur la même espèce. Il apparaît de plus que cette règle se vérifie également dans la comparaison entre populations : les femelles des populations ayant globalement les fécondités les plus élevées produisent aussi les ovocytes les plus petits. Cette balance entre fécondité et taille des ovocytes se traduit par une relation entre poids de ponte unitaire et poids de femelle qui reste inchangée quelle que soit la population considérée. La quantité de matière élaborée au cours d'un cycle de reproduction (évaluée par le poids de ponte) apparaît donc comme une constante spécifique qui pourrait être déterminée génétiquement; l'environnement intervenant sur la manière dont est divisé le matériel gonadique et sur la tactique de reproduction : oeufs petits et nombreux ou gros mais peu nombreux.

Au niveau inter-spécifique, l'existence d'une relation inverse entre fécondité et taille des oeufs est un phénomène bien connu chez les poissons (Bagenal, 1978; Mann et Mills, 1979; Albaret, 1982; Elgar, 1990). Cette balance entre le nombre et la taille des oeufs produits a également été montrée ou suggérée pour différents groupes ou populations d'une même espèce (Mann et Mills, 1979; Springate *et al.*, 1985; De silva, 1986), mais elle ne semble pas exister chez toutes les espèces étudiées (Mann et Mills, 1979). A notre connaissance, il n'y a pas d'autre exemple où il ait été clairement démontré que la compensation nombre/taille des oeufs observée pour diverses populations d'une même espèce de poisson s'effectue avec un poids de ponte maintenu. Les variations de fécondité ont parfois été analysées en relation avec les variations de RGS, mais le RGS ne donne qu'une mesure approximative de l'effort de reproduction et peut changer en fonction du nombre ou de l'état de développement des groupes de jeunes ovocytes qui, outre ceux destinés à être pondus, sont présents dans la gonade (Scott, 1979; Mann *at al.*, 1984).

Trois processus physiologiques sont susceptibles de faire varier la fécondité : le taux de multiplication des ovogonies, le recrutement des ovocytes qui entrent en vitellogenèse et l'atrésie d'une partie des ovocytes en développement (Springate *et al.*, 1985). Chez les femelles de *S. melanotheron* des quatre milieux étudiés, des ovocytes en atrésie ont systématiquement été observés dans les ovaires des individus en préponte. La proportion de ces atrésies n'a pas été déterminée mais elle apparaît toujours faible, ce qui correspond à la situation rapportée par Peters (1963) chez *Sarotherodon galilaeus*. Ces observations ne constituent cependant qu'une image instantanée; elles ne préjugent donc pas de l'importance des atrésies qui peuvent se produire aux différents stades de l'ovogenèse et qui peuvent avoir en fin de compte une forte incidence sur la fécondité.

Townshend et Wootton (1984) rapportent qu'en conditions de laboratoire, la taille des oeufs de *Cichlasoma nigrofasciatum* augmente lorsque l'intervalle de temps séparant deux pontes successives s'allonge. Ainsi, dans la présente étude, le poids plus élevé des ovocytes et la fécondité plus faible des femelles du milieu naturel pourraient s'expliquer par l'effet combiné d'un intervalle entre pontes plus long et d'un taux d'atrésie plus élevé (ou d'un même taux sur une période prolongée) que pour les femelles d'élevage. Chez *S. melanotheron*, si l'intervalle de temps moyen séparant deux pontes successives est d'environ deux semaines en élevage en bassins (Legendre et Trebaol, ce Symposium), la fréquence des pontes en milieu naturel n'est pas connue. Le taux de recrutement des ovocytes et le taux d'atrésie peuvent toutefois varier simultanément en relation avec certains facteurs de l'environnement. Townshend et Wootton (1984) attribue la faible fécondité de *C. nigrofasciatum* dans des conditions d'alimentation restreintes, à la fois à une diminution du recrutement et à une augmentation des atrésies. A l'heure actuelle, l'importance relative de ces processus dans le contrôle de la fécondité reste mal connue chez les poissons et peut varier selon les espèces (Springate *et al*, 1985); plusieurs scénarios sont donc possibles pour expliquer les réponses observées et peuvent impliquer des vitesses de croissance ovocytaire différentes. Une étude histologique comparée et approfondie du développement ovarien de *S. melanotheron* maintenus dans des environnements différents serait nécessaire pour clarifier ce problème.

Parmi les facteurs externes susceptibles d'avoir une incidence sur la production des oeufs, le rôle de l'alimentation est celui qui a fait l'objet du plus grand nombre d'expérimentations chez les poissons. Une diminution de la fécondité absolue est généralement observée avec une réduction de la ration alimentaire (Bagenal, 1969a; Wootton, 1979; Billard et De Fremont, 1980; Springate *et al.*, 1985). Wootton (1982) indique toutefois que compte tenu de la relation positive entre la fécondité et la taille des femelles, l'effet de l'alimentation sur la fécondité peut être difficile à séparer de celui résultant d'une simple différence de croissance et donc de taille des poissons. Pour les Cichlidés, Mironova (1977) rapporte que chez *Oreochromis mossambicus*, l'abaissement de la ration alimentaire limite la croissance et réduit le nombre des oeufs produits par ponte, mais augmente la fréquence de ponte et le nombre total des oeufs produits. Chez *C. nigrofasciatum*, Townshend et Wootton (1984) observent aussi une réduction de la fécondité aux rations alimentaires les plus faibles. Dans notre étude, il paraît donc difficile d'expliquer à la fois la faible condition et la forte fécondité des poissons élevés en enclos simplement par un nourrissage inapproprié. Puisque la ration alimentaire distribuée quotidiennement aux poisssons de l'enclos était élevée (5% de la biomasse des poissons), cela pose le problème de la

qualité de l'aliment plutôt que de sa quantité. En outre, bien que l'alimentation soit naturelle et en quantité *a priori* non limitante dans les acadja-enclos et dans la lagune, ceci n'exclut pas la possibilité de différences dans la nature et la qualité nutritive des organismes (animaux et végétaux) disponibles pour les poissons dans les deux types de milieu.

L'incidence de la teneur en protéines des aliments composés sur la production en oeufs et en alevins a été étudiée récemment chez diverses espèces de tilapias. Chez *S. melanotheron*, Cissé (1988) n'observe de différences significatives ni dans la fréquence de ponte, ni dans le nombre de d'oeufs produits par ponte en fonction du taux de protéines alimentaires; ce que le faible nombre de poissons utilisés dans cette étude peut cependant expliquer. Santiago *et al.* (1985), chez *O. niloticus*, et Chang *et al.* (1988), chez le tilapia rouge, mettent en évidence une augmentation sensible de la production d'alevins pour les géniteurs nourris avec les aliments les plus riches en protéines. Bien qu'il n'y ait pas d'évidences directes, ils attribuent cette réponse à un accroissement de la fréquence des pontes et à une augmentation de fécondité correspondant à un poids de femelle plus élevé. Dans une étude détaillée, Wee et Tuan (1988) ont analysé les caractéristiques de la reproduction de *O. niloticus* nourris *ad libitum* avec 5 aliments isocaloriques de teneurs en protéines comprises entre 20 et 50%. Ils montrent que les poissons nourris avec un taux de protéines faible ou intermédiaire (20 à 35%) ont une fécondité plus élevée et produisent des oeufs plus petits que ceux nourris avec un taux de protéines supérieure (42 et 50%). De plus, les poissons recevant une alimentation relativement plus pauvre en protéines ont une fréquence de ponte plus élevée. Si ces résultats contrastent avec ceux des études précédemment citées, ils tendent à confirmer l'idée d'une compensation entre fécondité et taille des oeufs et s'inscrivent bien dans la tendance générale de nos observations. Ces résultats pourraient aussi suggérer que l'alimentation naturelle consommée par *S. melanotheron* en lagune ou en acadja-enclos est en fait plus riche en protéines que ne l'est l'aliment composé (31%) distribué aux poissons de l'enclos.

D'autres facteurs de l'environnement tels qu'un espace vital réduit, une densité de population accrue ou une perturbation répétée des poissons par des pêches périodiques (cas de l'enclos) peuvent constituer des facteurs de stress susceptibles d'affecter la production des oeufs, que ce soit directement ou indirectement par le biais d'interactions comportementales. Ainsi, les changements de fécondité observés entre différentes populations de *O. mossambicus* des lacs du Sri Lanka, ne semblent pas liés à l'alimentation, mais sont positivement corrélés à la pression de pêche excercée sur le plan d'eau (De Silva, 1986).

Outre l'alimentation, la différence majeure entre l'enclos et les acadja-enclos provient de l'organisation spatiale de l'environnement. L'enclos délimite un volume totalement libre, alors que les paquets de branchages ou les bambous disposés dans les acdaja-enclos multiplient les caches, les abris, dont la présence peut avoir une incidence sur le comportement de cette espèce territoriale et sur la nature des interactions sociales entre individus. Les acadja-enclos et l'enclos ayant dans cette étude des superficies similaires, l'important n'est peut-être pas tant l'espace vital délimité par ces structures que la perception de cet espace par les poissons. En lagune Ebrié, les zones de mangroves ou les baies dont le fond est encombré de branchages en décomposition constituent les biotopes préférentiels pour *S. melanotheron* (Albaret, comm. pers.). De ce simple point de vue, l'acadja-enclos

constitue un milieu intermédiaire entre le milieu naturel et l'enclos, il n'est donc pas très surprenant que la fécondité de cette espèce y soit également intermédiaire.

De cette discussion, il émerge que, plutôt qu'un seul facteur, c'est très probablement la combinaison des différents facteurs évoqués ci-dessus (et peut-être d'autres) qui est responsable des changements observés dans la tactique de reproduction de *S. melanotheron*. Ceci est illustré notamment par la comparaison des caractéristiques de la reproduction de cette espèce dans le milieu naturel et dans l'acadja-enclos n°1. Dans cet acadja, la fécondité (à taille de femelle égale) est significativement plus élevée que dans la lagune (fig.2), alors que la taille de première maturation et la condition (poids pour longueur) des poissons sont voisines (fig. 4). Cette constatation suggère, d'une part, que taille de maturation réduite et forte fécondité ne vont pas nécessairement de pair et, d'autre part, que ces traits de la reproduction peuvent être sous la dépendance de facteurs proximaux différents.

D'un point de vue aquacole, maturation sexuelle précoce et forte fécondité sont deux caractéristiques défavorables au sein des lots de poissons en grossissement, en raison de la prolifération d'alevins indésirés et du ralentissement de croissance qu'elles sont susceptibles d'entrainer. Ces caractéristiques sont en revanche souhaitables pour l'optimisation de la production d'alevins dans le cadre de la gestion d'un stock de géniteurs de tilapias. Mais, comme l'augmentation de la fécondité se fait au détriment de la taille des oeufs, un effet négatif sur la survie des alevins est à envisager. Il est connu que, chez les poissons, les larves issuent de petits oeufs ont une taille réduite et des chances de survie plus faibles dans les conditions naturelles (Bagenal, 1969b et 1978; Mann et mills, 1979). En situation d'élevage, où les poissons sont plus protégés, une différence de survie entre larves ou juvéniles issus d'oeufs de tailles différentes n'est cependant pas mise en évidence (Billard et De Fremont, 1980; Springate *et al.*, 1985). Chez *S. melanotheron*, une survie trés élevée est également observée à partir des oeufs les plus petits, produits par les femelles de l'enclos. La mortalité apparaît en effet très réduite pendant l'incubation buccale (Legendre et Trébaol, ce Symposium) et après 4 semaines d'élevage en bassins la survie de ces alevins avoisine encore 95% (Legendre, 1983).

En conclusion, les présents résultats illustrent la remarquable plasticité de la reproduction de *S. melanotheron* en fonction des conditions, plus ou moins favorables, de l'environnement. D'importantes modifications sont observées pour la taille de première maturation, la fécondité et la taille des oeufs, avec toutefois une constante dans le poids de ponte.

En élevage intensif (basé sur une alimentation composée), *S. melanotheron* parvient à maturité à une taille inférieure, et produit des ovocytes plus nombreux et plus petits que dans le milieu naturel. En acadja-enclos, où les conditions sont intermédiaires entre celles de l'élevage intensif et celles du milieu naturel, une situation intermédiaire est aussi observée pour la fécondité et la taille des ovocytes; la taille de première maturation reste néanmoins voisine de celle rencontrée en milieu naturel.

Le caractère global des comparaisons effectuées ne permet cependant pas d'identifier avec certitude des relations de cause à effet entre les différents facteurs de l'environnement impliqués et les tactiques de reproduction développées. D'une manière générale, la nature, le rôle et les

interactions éventuelles des facteurs externes (biotiques et abiotiques) impliqués dans le contrôle des différentes étapes de la gamétogenèse restent mal cernés chez les tilapias. Une approche expérimentale s'avère encore nécessaire et pourrait grandement contribuer à la compréhension des stratégies adaptatives développées par ces espèces. Outre son intérêt cognitif, cette démarche pourrait, à terme, conduire à d'importantes retombées pratiques pour la conduite des élevages, grâce à un meilleur contrôle de l'influence des facteurs externes sur la fécondité, la fréquence des pontes et l'apparition de la première maturité sexuelle.

REFERENCES

ALBARET J.J., 1982. Reproduction et fécondité des poissons d'eau douce de Côte d'Ivoire. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 15, 347-371.

ALBARET J.J., 1987. Les peuplements de poissons de la Casamance (Sénégal) en période de sécheresse. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 20, 291-310.

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.

BAGENAL T.B., 1969a. The relationship between food supply and fecundity in brown trout *Salmo trutta* L. *J. fish Biol.*, 1, 167-182.

BAGENAL T.B., 1969b. Relationship between egg size and fry survival in brown trout *Salmo trutta* L. *J. fish Biol.*, 1, 349-353.

BAGENAL T.B., 1978. Aspects of fish fecundity. *In* : Ecology of freshwater fish production, S.D. Gerking (Ed.), pp. 75-101, Blackwell Scientific Publications, Oxford.

BILLARD R., De FREMONT M., 1980. Taux d'alimentation pendant la gamétogenèse et performance de reproduction chez la truite fario. *Bull. Fr. Pisc.*, 279, 49-56.

CHANG S.L., HUANG C.M., LIAO I.C., 1988. The effect of various feeds on seed production by Taiwanese red tilapia. p 319-322, *In* : R.S.V. Pullin, T Bhukaswan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (Eds), The Second Symposium on Tilapia in Aquaculture, *ICLARM Conf. Proc.*, 15, 623 p.

CISSE A., 1988. Effects of varying protein levels on spawning frequency and growth of *Sarotherodon melanotheron*. p 329-333. *In* : R.S.V. Pullin, T Bhukaswan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (Eds), The Second Symposium on Tilapia in Aquaculture, *ICLARM Conf. Proc.*, 15, 623 p.

DE SILVA S.S., 1986. Reproductive biology of *Oreochromis mossambicus* populations of man-made lakes in Sri Lanka : a comparative study. *Aquacult. Fish. Manage.*, 17, 31-48.

ELGAR M.A., 1990. Evolutionary compromise between a few large and many small eggs : comparative evidence in teleost fish. *Oikos*, 59, 283-287.

EYESON K.N., 1983. Stunting and reproduction in pond-reared *Sarotherodon melanotheron*. *Aquaculture*, 31, 257-267.

FRYER G., ILES T.D., 1972. The Cichlid fishes of the great lakes of Africa. Oliver and Boyd, Edinburgh, 641 pp.

HEM S., 1988. First results on "acadja-enclos" used as an extensive culture system. *In* : Proc. Atelier International sur la Recherche Aquacole en Afrique, Bouaké, Côte d'Ivoire, 14-17 nov. 1988, CRDI (sous presse).

LEGENDRE M., 1983. Observations préliminaires sur la croissance et le comportement en élevage de *Sarotherodon melanotheron* (Ruppel, 1852) et de *Tilapia guineensis* (Bleeker, 1862) en lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). *Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr.*, Abidjan, 14, 1-36.

LEGENDRE M., 1986. Influence de la densité, de l'élevage monosexe 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., ECOUTIN J.M., 1989. Suitability of brackishwater tilapia species from the Ivory Coast for lagon aquaculture. 1- Reproduction. *Aquat. Living Resour.*, 2, 71-79.

LEGENDRE M., S. HEM, A. CISSE, 1989. Suitability of brackishwater tilapia species from the Ivory Coast for lagon aquaculture. 2- Growth and rearing methods. *Aquat. Living Resour.*, 2, 81-89.

LOWE-McCONNELL R.H., 1982. Tilapias in fish communities. *In* : R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell Eds, The biology and culture of tilapias. *ICLARM Conf. Proc.*, 7, 83-113.

MANN R.H.K., MILLS C.A., 1979. Demographic aspects of fish fecundity. *Symp. Zool. Soc. London*, 44, 161-177.

MANN R.H.K., MILLS C.A., CRISP D.T., 1984. Geographical variation in the life-history tactics of some species of freshwater fish. pp. 171-186. *In* : G.W. Potts and R.J. Wootton (Eds), Fish reproduction - strategies and tactics, Academic Press, London.

MIRONOVA N.V., 1977. Energy expenditure on egg production in young *Tilapia mossambica* and the influence of maintenance conditions on their reproductive intensity. *J. Ichthyol.*, 17, 627-633.

NOAKES D.L.G., BALON E.K., 1982. Life histories of tilapias : an evolutionary perspective. *In* : R.S.V. Pullin and R.H. Lowe-McConnell Eds, The biology and culture of tilapias. *ICLARM Conf. Proc.*, 7, 61-82.

PAULY D., 1976. The biology, fishery and potential for aquaculture of *Tilapia melanotheron* in a small West African lagoon. *Aquaculture*, 7, 33-49.

PETERS H.M., 1963. Fecundity, egg weight and oocyte development in tilapias (Cichlidae, Teleostei). Translated and edited by D. Pauly. 1983. *ICLARM Translations* 2, 28 p.

RUWET J.C., VOSS J., HANON L., MICHA J.C., 1976. Biologie et élevage des tilapias. *In* : Proc. FAO/CIFA Symp. on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana. *CIFA Tech. Pap.*, 4, 332-364.

SANTIAGO C.B., ALDABA M.B., ABUAN E.F., LARON M.A., 1985. The effects of artificial diets on fry production and growth of *Oreochromis niloticus* breeders. *Aquaculture*, 47, 193-203.

SCOTT C.B.C., 1979. Environmental timing and the control of reproduction in teleost fish. *Symp. Zool. Soc. London*, 44, 105-132.

SIVALINGAM S., 1976. The biology of cultivable brackishwater and marine finfish in Africa. *In* : Proc. FAO/CIFA Symp. on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana. *CIFA Tech. Pap.*, 4, 283-291.

SPRINGATE J.R.C., BROMAGE N.R., CUMARANATUNGA P.R.T., 1985. The effects of different ration on fecundity and egg quality in the rainbow trout (*Salmo gairdneri*). pp. 371-391. *In* : C.B. Cowey, A.M. Mackie and J.G. Bell (Eds), Nutrition and feeding in fish, Proc. Fish. Soc. Br. Isles, Academic Press, London.

TOWNSHEND T.J., R.J. WOOTTON, 1984. Effects of food supply on the reproduction of the convict cichlid, *Cichlasoma nigrofasciatum*. *J. Fish Biol.*, 24, 91-104.

WEE K.L., TUAN N.A., 1988. Effects of dietary protein level on growth and reproduction in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). p 401-410, *In* : R.S.V. Pullin, T Bhukaswan, K. Tonguthai and J.L. Maclean (Eds), The Second Symposium on Tilapia in Aquaculture, *ICLARM Conf. Proc.*, 15, 623 p.

WELCOMME R.L., 1972. An evaluation of the acadjas method of fishing as practiced in the coastal lagoons of Dahomey (West Africa). *J. Fish Biol.*, 4, 39-55.

WOOTTON R.J., 1979. Energy costs of egg production and environmental determinants of fecundity in teleost fishes. *Symp. Zool. Soc. London*, 44, 133-159.

WOOTTON R.J., 1982. Environmental factors in fish reproduction. pp 210-219. *In* : C.J.J Richter and J. Th. Goos (Eds), Reproductive physiology of fish. PUDOC, Wageningen.

Milieu d'origine	Sexe	Effectif observé	PPIM (mm)	L50 (mm)	L95 (mm)
Lagune	F	365	146	176	223
	M	96	148	nd	nd
Enclos	F	783	100	140	180
	M	211	105	138	200
Acadja-enclos 1	F	170	173	189	220
	M	62	153	170	199
Acadja-enclos 2	F	158	161	166	205
	M	91	152	170	203

Tableau 1 : Caractérisation de la taille de première maturation sexuelle chez *S. melanotheron* en milieu naturel (lagune Ebrié) et dans deux systèmes d'élevage (enclos et acadja-enclos).

PPIM : plus petit individu mature;

L50 : taille à laquelle 50 % des poissons sont sexuellement matures.

L95 : taille à laquelle 95 % des poissons sont sexuellement matures.

Milieu d'origine	N	Relation	r	Poids moyen d'ovocyte (mg)
Lagune	31	F = 1.72 P - 15.0	0.871	
	31	P.Pte = 0.041 P + 1.60	0.963	$28.03 \pm 1.90^{(a)}$
Enclos	46	F = 2.61 P + 203.9	0.777	
	46	P.Pte = 0.045 P + 0.32	0.939	$12.06 \pm 1.28^{(b)}$
Acadja-enclos 1	31	F = 1.81 P + 132.6	0.881	
	12	P.Pte = 0.034 P + 2.29	0.832	$18.94 \pm 2.28^{(c)}$
Acadja-enclos 2	24	F = 1.25 P + 267.3	0.874	
	18	P.Pte = 0.043 P + 0.38	0.870	$15.07 \pm 1.74^{(b,c)}$

Tableau 2 : Relations statistiques entre la fécondité (F) et le poids (P) de femelle et entre le poids de ponte (P.Pte) et le poids de femelle, et poids moyen des ovocytes chez *S. melanotheron* en milieu naturel (lagune Ebrié) et dans deux systèmes d'élevage (enclos et acadja-enclos).

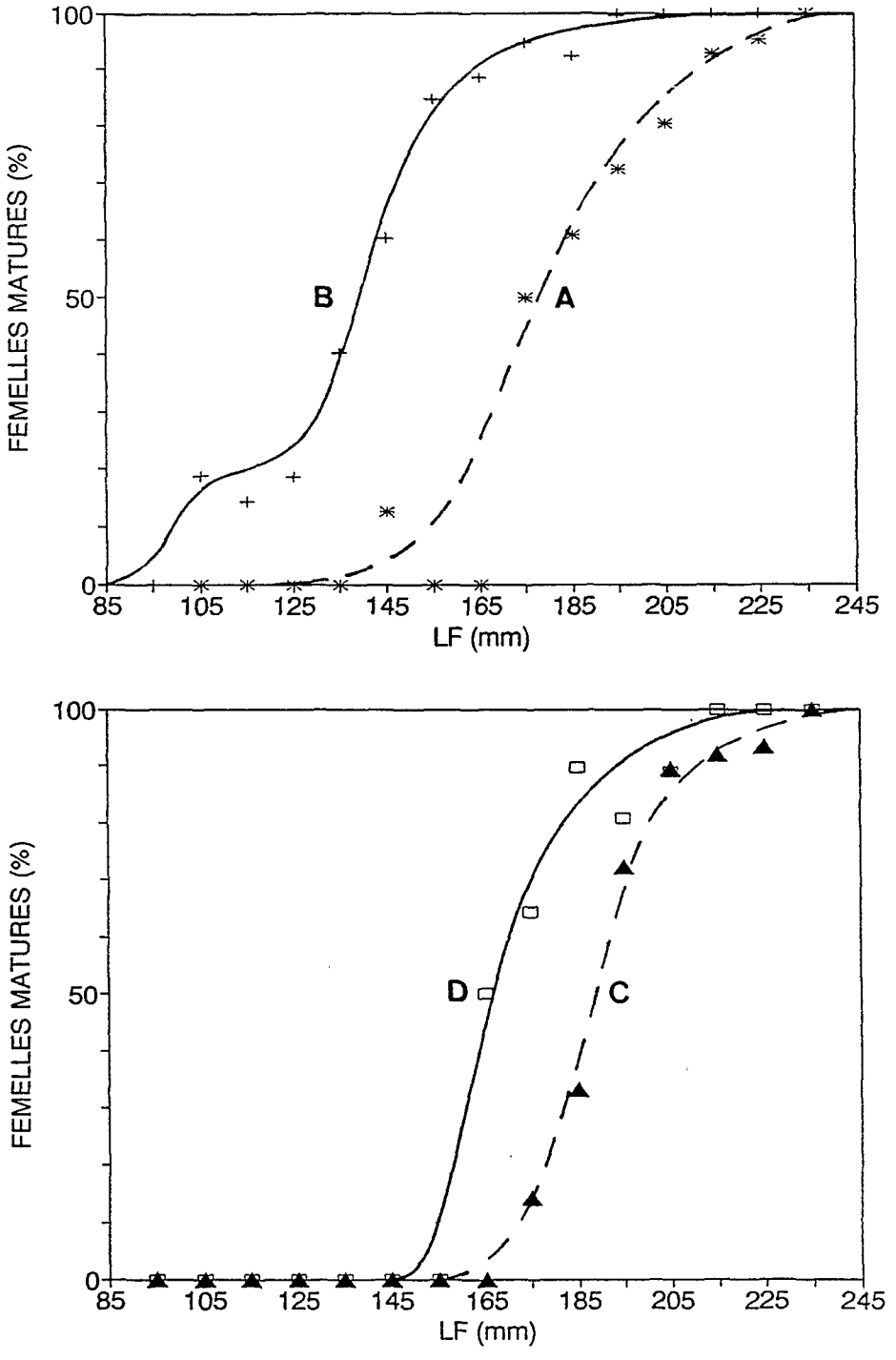
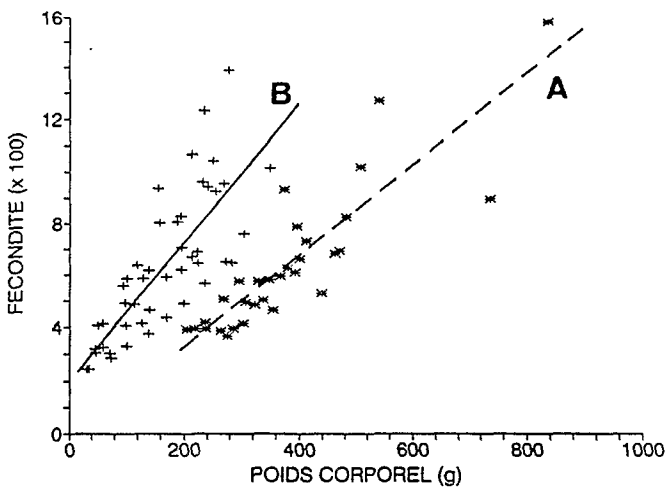
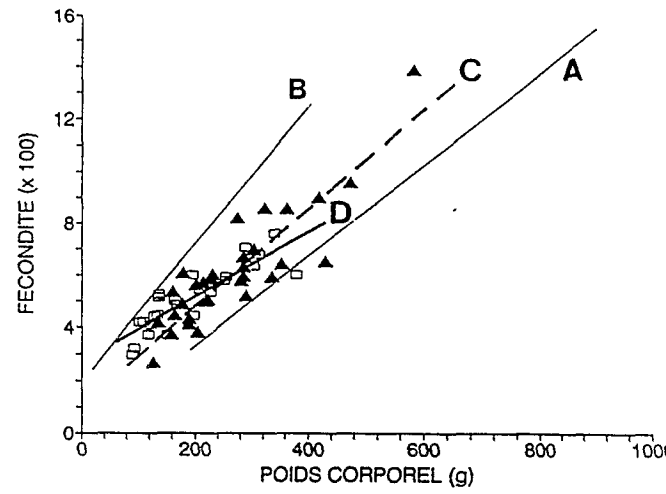
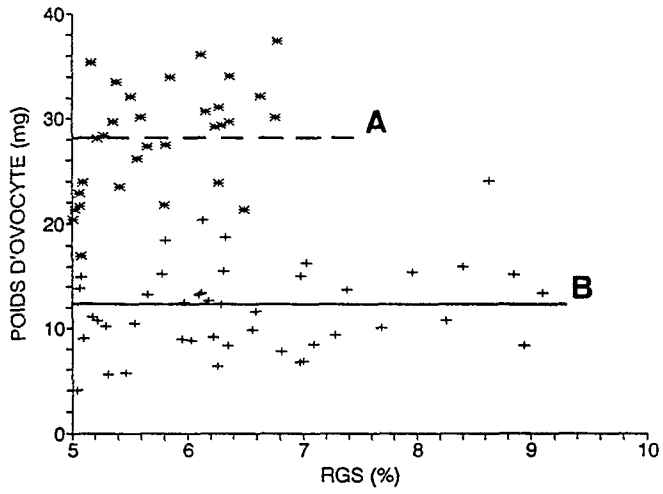


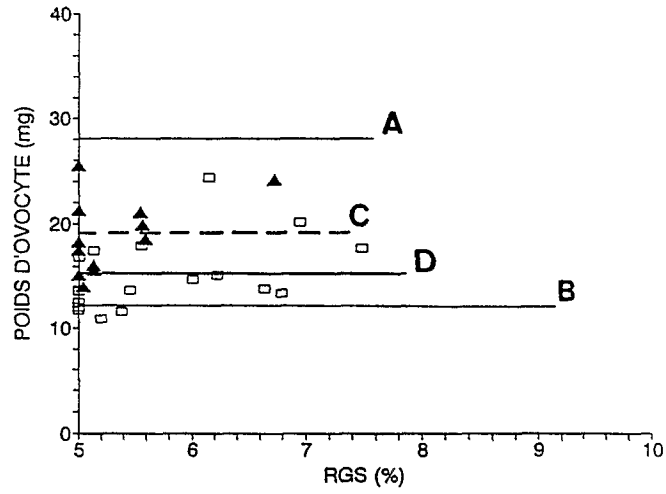
Figure 1 : Détermination de la taille de première maturation sexuelle chez les femelles de *S. melanotheron* dans différents milieux : **A**, milieu naturel (lagune Ebrié); **B**, enclos; **C**, acadja-enclos n°1; **D**, acadja-enclos n°2.

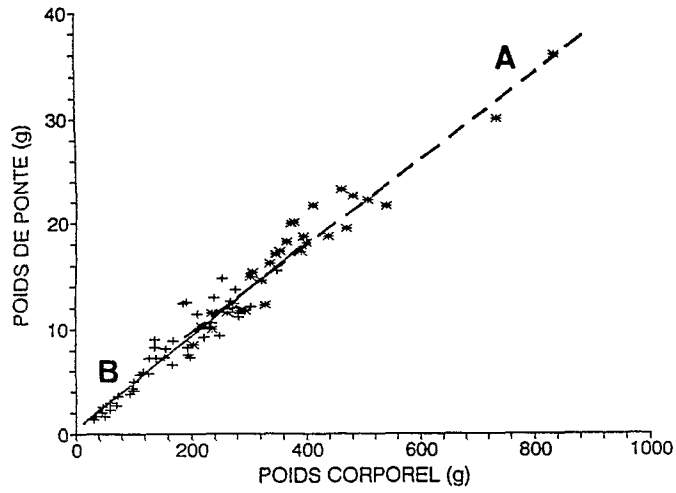
LF : longueur à la fourche.











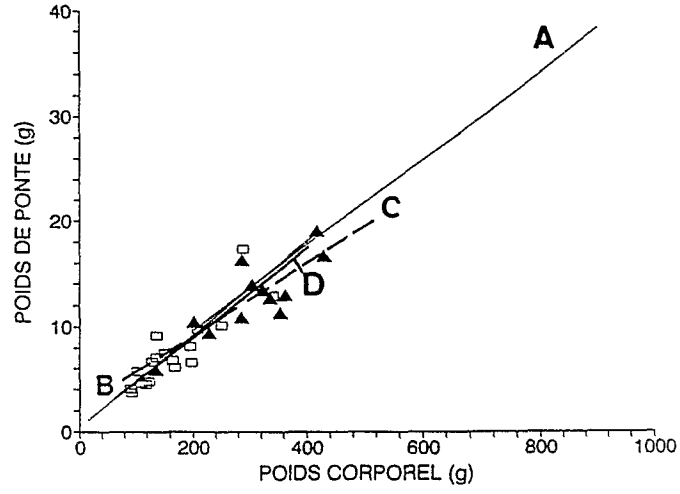


Figure 2 : Comparaison des relations fécondité/poids de femelle, poids des ovocytes/RGS et poids de ponte/poids de femelle obtenues pour *S. melanotheron* dans différents milieux : **A**, milieu naturel (lagune Ebrié); **B**, enclos; **C**, acadja-enclos n°1; **D**, acadja-enclos n°2.

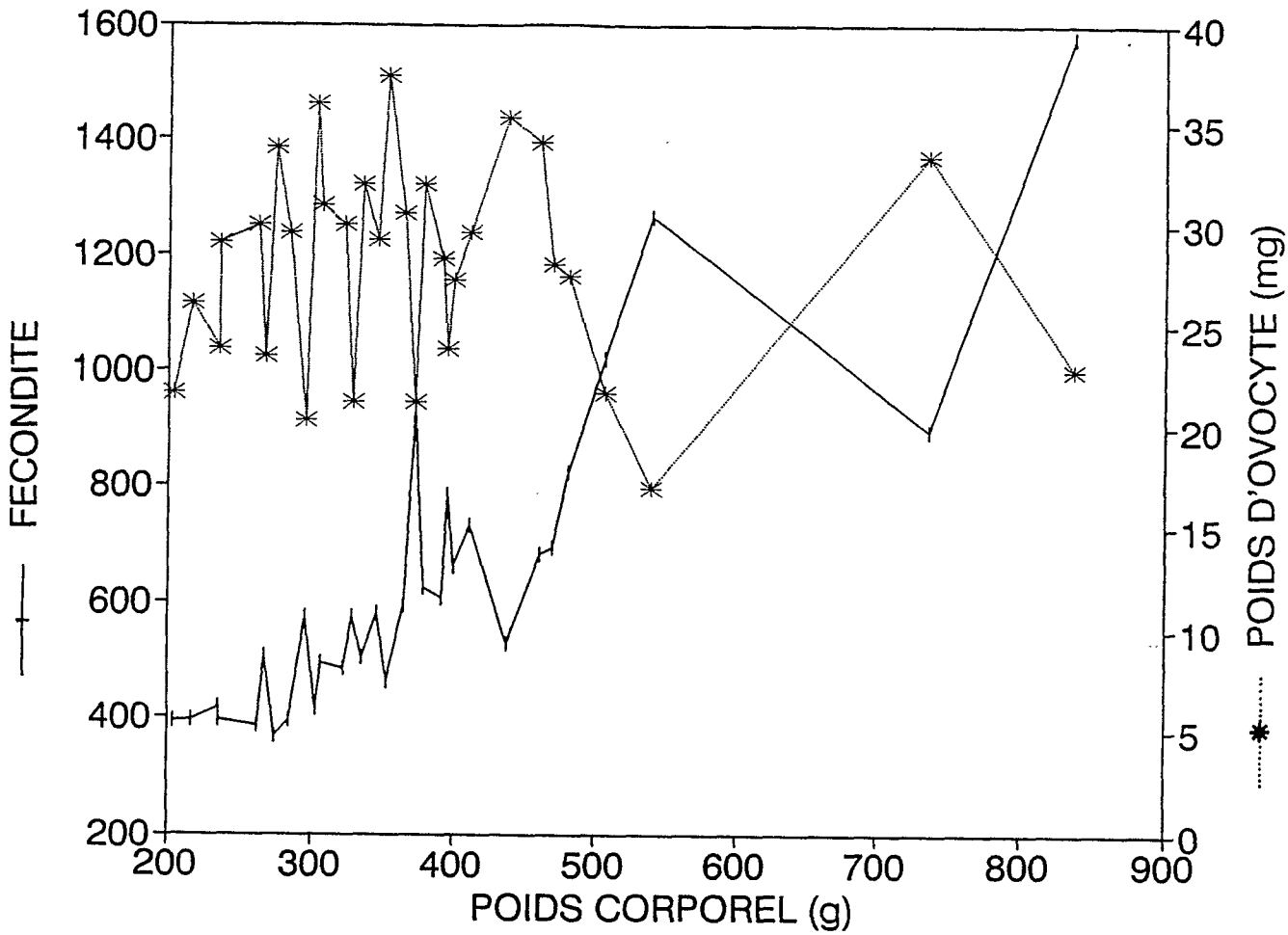


Figure 3 : Correspondance individuelle entre la fécondité et le poids des ovocytes pour les femelles de *S. melanotheron* du milieu naturel (lagune Ebrié).

Les variations individuelles de fécondité et de poids des ovocytes montrent une évolution en miroir.

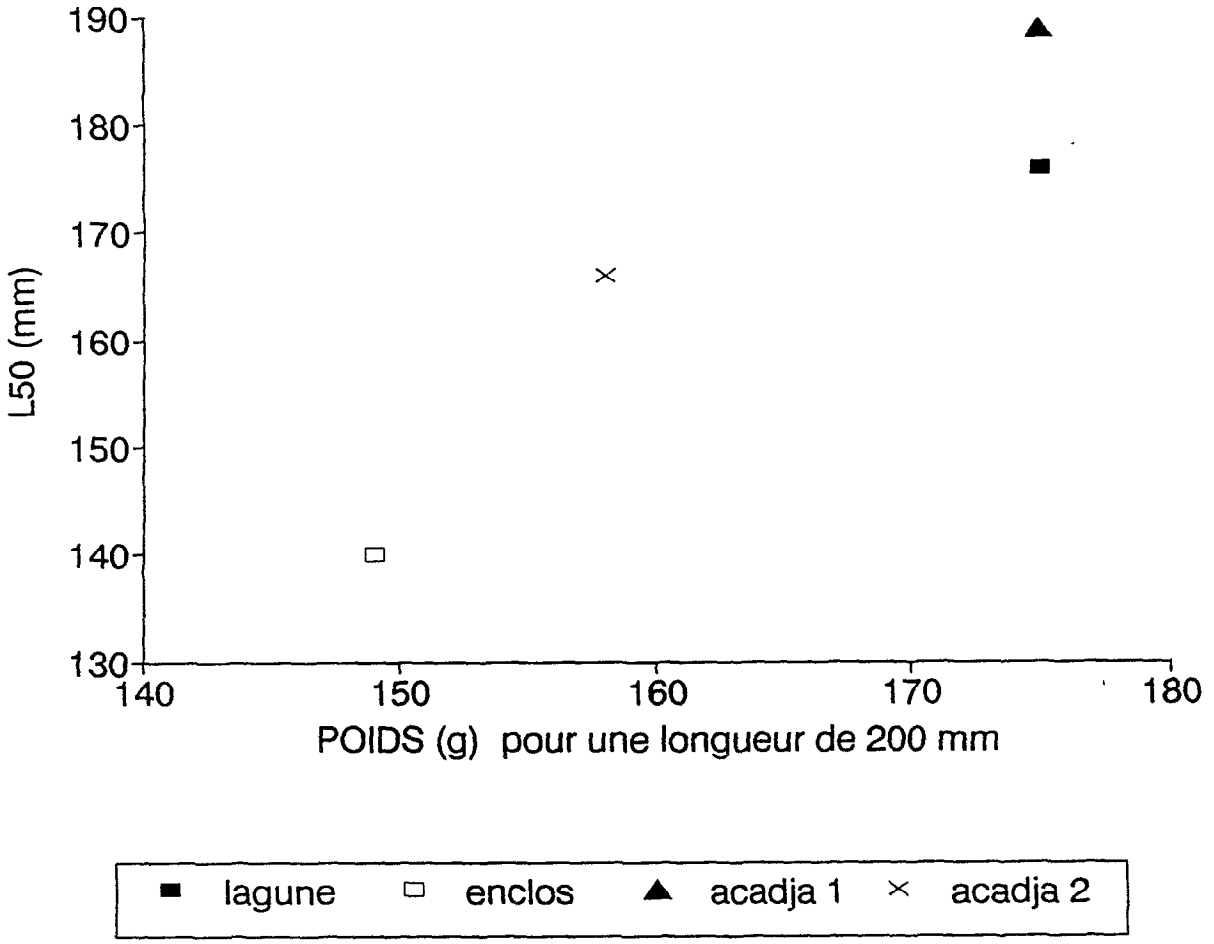


Figure 4 : Correspondance entre la taille de première maturation sexuelle (L50) et la condition des femelles de *S. melanotheron* dans différents milieux : milieu naturel (lagune Ebrié) ou milieux d'élevage (enclos, acadja-enclos n°1 et n°2).

La condition est ici évaluée par le poids d'un poisson de longueur 200 mm. Ce poids est estimé par la relation longueur/poids calculée pour chaque milieu étudié.

LEGENDRE M. et OTEME Z., 1991.

Influence du temps de latence après induction hormonale de l'ovulation sur la quantité et la qualité des ovules récoltés chez un silure africain, Heterobranchus longifilis (Pisces, Clariidae).

(texte provisoire)

INFLUENCE DU TEMPS DE LATENCE APRES INDUCTION HORMONALE DE L'OVULATION SUR LA QUANTITE ET LA QUALITE DES OVULES RECOLTES CHEZ UN SILURE AFRICAIN, HETEROBRANCHUS LONGIFILIS (PISCES, CLARIIDAE).

Marc LEGENDRE [1,*] et Ziriga OTEME [1]

(1) : Centre de Recherches Océanographiques, BP V18, Abidjan, Côte d'Ivoire.

(*) **Adresse actuelle** : ORSTOM, BP 5045, 34032 Montpellier Cedex 1, France.

RESUME

Chez les femelles de Heterobranchus longifilis maintenues en captivité, la maturation ovocytaire et l'ovulation sont provoquées par injection de gonadotropine chorionique humaine (HCG) à la dose de 1,5 U.I./g de poids de femelle. Trois expériences complémentaires ont été réalisées dans le but de préciser la chronologie de l'ovulation et d'évaluer l'incidence d'une variation du temps de latence (entre l'injection et la collecte des ovules) sur la quantité et la qualité des ovules effectivement récoltés. La qualité des ovules a été évaluée par le pourcentage d'éclosion et par la proportion de larves déformées obtenus après fécondation artificielle.

Les résultats montrent que, chez une même femelle, l'ovulation n'est pas synchrone mais s'étale sur une période de 3 à 4 h, entre 7-8 h et 11 h suivant l'injection de HCG à 30°C. La quantité d'ovules pouvant être récoltés par massage abdominal des femelles augmente avec le temps de latence. Cependant, les premiers ovules obtenus, dès 8 h après l'injection, sont de bonne qualité (94% d'éclosion) et aucun signe de prématurité n'a été observé. Après l'ovulation, les ovules s'engagent rapidement dans un processus de vieillissement : 2 h après l'achèvement de l'ovulation, la proportion de larves déformées augmente significativement (de 4% à 20%) et, après 4 h, les pourcentages d'éclosion chutent fortement (de 92% à 36%).

Chez H. longifilis, le temps de latence optimal peut être défini comme le délai permettant le meilleur compromis entre la quantité et la qualité des ovules récoltés. Après injection de HCG, ce délai est de 11 et 12 h à 30 et 29°C respectivement et correspond approximativement à l'achèvement de l'ovulation.

Effects of varying latency time on quantity and quality of egg collected after HCG induced-ovulation in the African catfish, Heterobranchus longifilis (Pisces, Clariidae).

ABSTRACT

In captive Heterobranchus longifilis females, oocytes maturation and ovulation are induced by a single injection of human chorionic gonadotropin (HCG) with a dose of 1,5 I.U./g body weight. In the present study, three complementary experiments were performed in order to specify the timing of ovulation and the effects of varying latency time (between injection and stripping of eggs) on the quantity and quality of the collected eggs. The egg quality was estimated by hatching percentage and proportion of deformed larvae obtained after artificial fertilization.

The results showed that, in an individual female, ovulation of postvitellogenic oocytes is not synchronous and takes 3 to 4 hours to be completed, between 7-8 h and 11 h after HCG injection at 30°C. the quantity of eggs that can be collected by handstripping increased with the latency time. However, the first eggs obtained, as early as 8 h after injection, were of good quality (94% hatching) and showed no signs of unripeness. Ageing of ova occured rapidly after ovulation : the proportion of deformed larvae increased significantly 2 h after achievement of ovulation (from 4% to 20%) and, after 4 h, hatching percentage dropped from 92% to 36%.

In H. longifilis, the optimal latency time can be defined as the time allowing the best compromise between quantity and quality of eggs released. This latency time was found to be 11 and 12 h following HCG injection at 30°C and 29°C respectively, and corresponds approximately to the achievement of ovulation.

KEYWORDS : Heterobranchus longifilis - induced-breeding - latency time - ovulation - ageing of eggs

INTRODUCTION

L'induction hormonale de la maturation ovocytaire et de l'ovulation, puis la fécondation in vitro des ovules obtenus, constituent des pratiques désormais courantes dans le contrôle de la reproduction de nombreux poissons d'élevage. Le temps de latence, défini comme le délai séparant l'injection hormonale de la récolte des ovules, constitue l'un des facteurs clés du succès de ces opérations (Harvey et Hoar, 1980; Woynarovitch et Horvath, 1980; Lam, 1982).

Une collecte précoce de gamètes n'ayant pas achevés leur maturation peut conduire, comme chez Clarias gariepinus, à une éclosion faible et à une forte proportion de larves déformées (Richter et Van Den Hurk, 1982). Chez la truite arc-en-ciel, Springate et al. (1984) rapportent aussi que la fécondabilité maximale des ovules n'est atteinte que quatre jours après l'ovulation.

A l'inverse, une collecte tardive aboutit à la surmaturation des ovules, phénomène de vieillissement qui peut se traduire par une diminution de la fécondabilité, une augmentation des malformations embryonnaires ou encore un accroissement des taux de mortalité embryonnaire et larvaire (Sakaï et al., 1975; Springate et al., 1984). Après l'ovulation, le délai maximum garantissant une bonne fécondabilité et un développement normal des oeufs varie selon l'espèce considérée. Chez la truite arc-en-ciel, ce délai est relativement long et peut atteindre 6 à 30 jours (Sakai et al., 1975; Escaffre et al., 1977; Bry, 1981). Il n'excède toutefois pas 1 à 2 jours chez le brochet (De Montalembert et al., 1978) ou l'Ayu (Hirose et al., 1977), et se réduit à quelques heures chez la majorité des poissons téléostéens étudiés (Stevens, 1966; Woynarovitch et Horvath, 1980; Hogendoorn et Vismans, 1980; Mollah et Tan, 1983; McEvoy-Barton, 1984; Espinach-Ros et al., 1984; Renard et al., 1987; Fortuny et al., 1988). De plus, chez une même espèce, des différences peuvent être observées dans la durée de survie des ovules selon la nature de l'hormone gonadotrope utilisée pour provoquer l'ovulation (Hirose et al., 1979).

Outre leur qualité, la quantité des ovules récoltés est également susceptible de varier avec le temps de latence (Escaffre et al., 1977; Legendre, 1986). Cet aspect

quantitatif, peu abordé dans la littérature, pose le problème d'une possible asynchronie de l'ovulation (McEvoy-Barton, 1984).

Chez Heterobranchus longifilis, silure d'intérêt potentiel pour la pisciculture africaine (Legendre, 1983), l'ovulation est provoquée par injection de gonadotropine chorionique humaine (HCG). Le temps de latence entre l'injection et la récolte des ovules est peu sensible à la dose d'hormone injectée, mais varie avec la température (Legendre, 1986). Après induction de l'ovulation chez 56 femelles, Legendre (1991) propose, pour l'obtention d'une quantité élevée d'ovules de bonne qualité, des temps de latence de 11 h à 30°C, 12 h à 29°C, 13.5 h à 28°C, 15 h à 27°C et 17 h à 26°C.

Toutefois, dans la pratique, différentes contraintes peuvent amener le pisciculteur à anticiper ou à différer la récolte des oeufs. Par conséquent, l'objectif de la présente étude est d'évaluer l'incidence d'une variation du temps latence sur la production en ovules récoltés et de définir l'intervalle de temps pendant lequel un taux d'éclosion élevé, avec un fort pourcentage de larves normales, peut être espéré chez Heterobranchus longifilis. Les résultats sont discutés en relation avec la chronologie de la maturation ovocytaire et de l'ovulation observées après traitement avec HCG.

MATERIEL ET METHODES

Origine et maintenance des poissons

Les géniteurs de H. longifilis utilisés, agés de 3 à 4 ans et sexuellement matures depuis l'âge de 1 an, proviennent de la station de pisciculture expérimentale de Layo, située à 40 Km à l'ouest d'Abidjan (Côte d'Ivoire). Ils descendent d'un stock sauvage ayant spontannément colonisé les étangs de la station en 1982 (Legendre, 1983). Ces géniteurs ont été élevés en enclos lagunaires et alimentés six jours par semaine au taux quotidien de 2 à 3% du poids vif avec un granulé à 35% de protéines brutes.

Conditions générales d'expérimentation

La maturation ovocytaire et l'ovulation sont provoquées par une seule injection intramusculaire de HCG avec une dose de 1,5 U.I. par gramme de poids corporel (Legendre, 1986). Après l'ovulation, et sauf exception (expérience n°2), les ovules sont collectés par massage abdominal des femelles. Environ 400 ovules sont pesés (P $\pm$ 0,1 mg) pour determiner le poids moyen d'un ovule et la fécondité des femelles (nombre d'ovules récoltés). Les mâles ne reçoivent pas de traitement hormonal et sont sacrifiés. Le sperme est obtenu par dissection des testicules, puis conservé sur de la glace fondante après dilution au dixième dans une solution de NaCl à 0,9% .

La qualité des ovules récoltés est évaluée par les pourcentages d'éclosion obtenus sur des lots d'environ 200 oeufs fécondés avec 0,2 ml de sperme dilué. L'activation des spermatozoides est assurée, après mélange des gamètes, par l'addition de 6 ml d'eau douce. Après une minute d'agitation modérée, les oeufs de chaque lot sont rincés puis placés dans des récipients en plastique où l'incubation s'effectue dans 300 ml d'eau stagnante, à l'obscurité et à la température ambiante de 28-30°C. A l'éclosion, les proportions de larves normales et de larves déformées obtenues dans chaque lot sont déterminées par observation et dénombrement au dessus d'une table lumineuse.

Trois expérimentations complémentaires ont été réalisées pour évaluer l'influence d'une variation du temps de latence sur la quantité ou la qualité des ovules obtenus. Dans chacune d'elles, le délai entre l'injection et la récolte des ovules défini en fonction de la température par Legendre (1991) a servi de temps de référence. Pendant la période de latence, la température de maintenance des géniteurs a été enregistrée toutes les 2-3 heures. L'amplitude des variations thermiques était généralement inférieure à 2°C.

Les première et troisième expériences ont été réalisées lors de la grande saison sèche (décembre-janvier) et la seconde au début de la grande saison des pluies (juin). L'incidence des saisons sur la reproduction de H. longifilis, et notamment sur la fécondité, a été décrite et discutée antérieurement (Legendre, 1986 et 1991).

Expérience 1 : effets d'une collecte anticipée ou retardée des ovules

Un lot de 6 femelles de poids compris entre 2,7 et 4,7 kg a été utilisé. Avant l'injection de HCG, puis toutes les deux heures jusqu'à 8 heures après injection, des échantillons d'une trentaine d'ovocytes ont été prélevés sur chaque animal par canulation intra-ovarienne. Ces ovocytes, observés à la loupe binoculaire après fixation dans le liquide de Serra (60 p 100 alcool 95°, 30 p 100 formol, 10 p 100 acide acétique), ont permis de déterminer la position de la vésicule germinative et de suivre l'avancement de la maturation ovocytaire. Le temps de latence de référence a été fixé à 11h, la température moyenne de maintenance des géniteurs étant de 30°C. Pour tester l'influence d'une collecte anticipée ou retardée, chaque femelle a été vidée du maximum de ces ovules successivement après un délai de 8, 11 et 15 heures consécutif à l'injection. Lors de chaque prélévement, le nombre des ovules recueillis a été estimé par pesée et leur qualité évaluée par les pourcentages d'éclosion obtenus sur deux sous-échantillons d'oeufs de chaque femelle. Le même sperme, provenant d'un lot de deux mâles sacrifiés une heure avant le début de l'expérience, a été utilisé pour l'ensemble des fécondations.

Expérience 2: rendement de l'ovulation

Un nouveau groupe de six femelles de poids compris entre 3,4 et 5,6 kg a été utilisé. Après un temps de latence de 11 heures (temps de référence à 30°C), chaque femelle a été sacrifiée et, après dissection des gonades, la totalité des ovules a été recueillie directement par massage des ovaires. Les ovules récoltés et les reliquats ovariens ont été pesés au gramme près. le nombre et la qualité des ovules ont été évalués comme dans la première expérience. Le nombre des ovocytes postvitellogéniques non ovulés encore présents dans les reliquats ovariens (ovocytes de couleur verte et de diamètre supérieur à 1 mm; Legendre, 1986), a alors été compté pour chaque animal sur trois échantillons prélevés dans les parties antérieure, médiane et postérieure des gonades et conservés dans une solution de formol à 4%.

Le rendement de l'ovulation a été évalué en déterminant, d'une part, la proportion des ovocytes ovulés au sein de la population totale des ovocytes postvitellogéniques de l'ovaire et, d'autre part, la réponse ovulatoire (R), calculée par la relation : R = (poids des ovules x 100)/(poids des ovules + poids des reliquats ovariens).

Expérience 3: survie des ovules maintenus in ovario après l'ovulation

La vitesse de vieillissement des ovules laissés in vivo dans la cavité ovarienne a été étudiée sur un lot de six femelles de poids compris entre 3,1 et 4,0 kg. La température moyenne de maintenance des géniteurs étant de 29°C, le temps de latence a été fixé à 12 heures. A compter de ce temps de référence, puis toutes les deux heures jusqu'à 20 heures après injection, une collecte partielle des ovules de chaque femelle (une dizaine de grammes par prélévement) a été pratiquée. Comme précedemment, leur qualité a été évaluée pour chaque prélévement après fécondation de deux sous-échantillons d'oeufs de chacune des femelles. Pour éviter un possible amoindrissement de la fécondance des spermatozoïdes, les spermes de deux lots de deux mâles ont été utilisés pour les tests de fécondation. Le premier lot sacrifié deux heures avant le début de l'expérience a servi à féconder les ovules collectés 12 et 14 h après injection. Le second lot sacrifié immédiatement avant utilisation a servi aux fécondations des ovules collectés entre 16 et 20 h après l'injection hormonale. On sait toutefois que la fécondance du sperme de H. longifilis peut se maintenir pendant plus de 10 h lorsqu'il est conservé et utilisé dans les conditions de la présente étude (observations non publiées).

Analyse statistique

La comparaison des pourcentages d'éclosion et des pourcentages de larves déformées a été effectuée par le test t après transformation angulaire des données. Dans la deuxième expérience, les nombres d'ovocytes postvitellogéniques non ovulés, comptés dans les échantillons prélevés sur les parties antérieure, médiane et postérieure des reliquats ovariens, ont été comparés par une analyse de variance à un facteur.

RESULTATS

Au moment du traitement hormonal, la vésicule germinative des ovocytes est en position centrale chez toutes les femelles. Après l'injection de HCG, la maturation ovocytaire intervient rapidement. La vésicule germinative migre vers la périphérie de l'ovocyte en 2 à 4 heures et après 6 heures, elle a éclatée dans 90 % des cas (fig. 1). Les premiers ovules sont observés entre la sixième et la huitième heure suivant l'injection.

Influence d'une collecte anticipée ou retardée des ovules

Dans la première expérience, chacune des femelles a été successivement vidée du maximum de ces ovules après 8, 11 et 15 h de temps de latence. La quantité totale d'ovules receuillis a l'issue de ces trois collectes varie selon les individus et se situe entre 11000 et 43000 par kg de poids de femelle (tableau 1). Ceci correspond à une fécondité faible pour l'espèce, mais tout à fait compatible avec les résultats moyens obtenus jusqu'ici en saison sèche (28000 $\pm$ 7000), durant laquelle la production d'oeufs est nettement plus faible qu'en saison des pluies (67000 $\pm$ 10000; Legendre, 1986 et 1991). Il est à noter que, quelle que soit la saison, aucune relation entre la fécondité relative et le poids corporel des femelles n'a été mise en évidence chez H. longifilis (Legendre, non publié).

La proportion des ovules obtenus lors de la première collecte (8 h) montre une forte variabilité individuelle et indique que, à ce stade, l'ovulation n'est encore que partielle (tableau 1). En revanche, la quantité d'ovules collectés 11 h après injection compense les variations individuelles observées à 8 h, de sorte que la quantité totale des oeufs receuillis après ces deux collectes (77% $\pm$ 10) est élevée pour toutes les femelles (tableau 1). La collecte pratiquée 15 heures après injection permet d'obtenir en moyenne environ 23% d'ovules supplémentaires.

La qualité des ovules obtenus après 8 ou 11 h de latence s'avère excellente. Les taux d'éclosion moyens sont alors supérieurs à 90%, la proportion des larves déformées n'excédant pas 10% (fig. 2). En revanche, les ovules récoltés 15 h après l'injection conduisent à des taux d'éclosion variables selon les individus et en moyenne environ 2,5

fois plus faibles ($p<0,001$) que ceux enregistrés à 8 ou 11 h (fig. 2). Un pourcentage d'éclosion supérieur à 85% a néanmoins été enregistré pour l'une des femelles, ce qui indique que la chute globale observée dans les taux d'éclosion correspond bien au vieillissement des ovules et non à une altération de la fécondance du sperme utilisé. Aucune relation n'a été mise en évidence entre la quantité et la qualité des ovules obtenus dans ces différents prélévements.

Rendement de l'ovulation au temps de latence de référence

Les résultats obtenus dans la seconde expérience sont consignés dans le tableau 2. Le rapport gonado-somatique (RGS) et la fécondité sont élevés pour toutes les femelles et correspondent à la situation généralement observée en saison des pluies. Le nombre des ovules récoltés au temps de latence de référence (11 h à 30°C) par massage des ovaires, varie entre 46000 et 103000 par kg de femelle. Comme dans la première expérience et bien qu'il n'y ai pas eu ici de collecte intermédiaire, les ovules sont de bonne qualité. Le pourcentage d'éclosion moyen est élevé (91% $\pm$ 6) et la proportion de larves déformées reste faible (6% $\pm$ 3).

Les nombres d'ovocytes postvitellogéniques non ovulés, déterminés sur les reliquats ovariens après la récolte des ovules, ne différent pas significativement en fonction de l'origine antérieure, médiane ou postérieure des échantillons prélevés. Ceci indique, qu'au temps de latence de référence, l'ovulation est homogène sur l'ensemble de la gonade. De ce fait, les résultats obtenus pour chaque femelle à partir de ces trois échantillons ont été regroupés.

On constate qu'après 11 h de latence à 30°C, le rendement de l'ovulation est élevé chez la plupart des femelles (tabl. 2) . La proportion des ovocytes ovulés au sein de la population totale des ovocytes postvitellogéniques avoisine 90% dans tous les cas, à l'exception de l'une des femelles pour laquelle cette proportion est plus faible (74%). La réponse ovulatoire (R) varie entre 62 et 81% et est en moyenne de 74% $\pm$ 7.

Des observations complémentaires (non publiées), effectuées dans des conditions analogues sur un autre groupe de 10 femelles, ont montré que lorsque les

poissons sont sacrifiées 3 à 4 h après le temps de latence de référence (soit 14-15 h après l'injection à 30°C), la réponse ovulatoire est en moyenne de 77% $\pm$ 6 (extrêmes : 63-84%) et ne diffère pas sensiblement de celle observée dans la présente expérience. Ces résultats indiquent que la grande majorité des ovocytes postvitellogéniques n'ayant pas ovulés au temps de référence, n'ovuleront plus même si le temps de latence est augmenté. On peut donc considérer que le délai de référence correspond approximativement à l'achèvement l'ovulation.

Survie des ovules maintenus in ovario après l'ovulation

L'évolution de la qualité des ovules obtenus dans la troisième expérience, lors des prélévements partiels effectués toutes les 2 h à partir de 12 h post-injection, est présentée sur la figure 3.

On constate que les taux d'éclosion moyens sont élevés (90 à 92%) jusqu'à 14 h après injection, puis chutent brutalement ($p<0,001$) à partir de 16 h (36%). Après 20 h de latence, plus aucune éclosion n'est obtenue. En outre, la proportion moyenne des larves déformées, faible à 12 h (4%), augmente fortement (20%) dès la 14ème heure ($p<0,01$). Une relation inverse est observée entre les pourcentages d'éclosion et les fractions constituées par les larves déformées (larves déformées/oeufs éclos). La corrélation entre ces deux variables, établie après transformation angulaire des données, est très hautement significative ($r=0,91$; $p<0,001$).

D'un point de vue qualitatif, la consistance des collectats d'ovules obtenus par massage abdominal se fluidifie progressivement à mesure que le temps de latence augmente et que les ovaires s'hydratent. Vingt heures après injection, les ovules s'écoulent spontanément des femelles. De plus, au delà de la 16ème heure, l'état de surmaturation avancée des ovules est rendu directement visible par une forte élévation de la proportion de gamètes en dégénérescence (ovules blancs) dans les prélèvements.

DISCUSSION

Les présents résultats confirment la validité de la relation entre le temps de latence et la température proposée pour H. longifilis par Legendre (1991) et indiquent que ces délais correspondent effectivement à une ovulation complète des femelles traitées avec HCG. Dans la première expérience, le fait qu'environ 20% d'ovules puissent encore être récoltés 15 h après injection, soit 4 h après l'achèvement de l'ovulation, a vraisemblablement une origine mécanique associée à la méthode de prélèvement. La pression exercée sur l'abdomen des femelles ne peut être que modérée et, de ce fait, la récolte pratiquée au temps de référence (11 h) est incomplète. L'hydratation des ovaires et la plus grande abondance de fluide ovarien qui s'observent avec l'augmentation du temps de latence peuvent expliquer que l'extraction des ovules résiduels ait été facilitée à 15 h.

Nos résultats montrent aussi que, à la suite du traitement hormonal, l'ovulation n'est pas synchrone pour tous les ovocytes d'une même femelle et s'étale sur une période de 3 à 4 h (entre 7-8 h et 11 h après injection à 30°C). Ces observations rejoignent celles de McEvoy-Barton (1984) qui montre que 4 à 6 h sont nécessaires pour l'ovulation complète d'un groupe d'ovocytes chez le turbot, une espèce dont l'ovulation s'effectue naturellement en captivité.

Dans leur étude sur la maturation des follicules de Clarias gariepinus, Richter et Van den Hurk (1982) définissent le temps de latence optimal comme le délai permettant d'obtenir les pourcentages d'éclosion les plus élevés avec la plus faible proportion de larves déformées. Pour cette espèce, le temps de latence optimal, après injection d'extraits hypophysaires de carpe, est de 11 à 14 h à 25°C . Lorsque la récolte des ovules est pratiquée avant (ovules prématures) ou après (ovules surmatures) cette période optimale, les pourcentages d'éclosion sont faibles et la proportion de larves déformées importante (Hogendoorn et Vismans, 1980; Richter et Van den Hurk, 1982). La possibilité d'une récolte d'ovules prématures n'est cependant pas mise en évidence chez H. longifilis. Dans l'expérience n°1, les premiers ovules obtenus, dès la huitième heure suivant l'injection, sont de bonne qualité et conduisent d'emblée à une forte éclosion avec une faible proportion de larves déformées. En revanche, à ce stade, l'ovulation est encore partielle et le nombre

d'ovules collectés faible. Pour cette espèce, le temps de latence optimal devrait donc être défini comme le délai permettant d'obtenir le meilleur compromis entre la quantité et la qualité des ovules récoltés. Ce délai est d'environ 11 h à 30°C et correspond à l'achévement de l'ovulation.

Après l'ovulation, le vieillissement des ovules intervient rapidement chez H. longifilis. A 29-30°C, un retard de deux heures dans la collecte des ovules conduit déjà à une augmentation sensible des anomalies de développement embryonnaire et, 4 h après achèvement de l'ovulation, les pourcentages d'éclosion sont très amoindris. On sait toutefois que la vitesse de surmaturation des ovules est fortement dépendante de la température (Hogendoorn et Vismans, 1980; Billard et Gillet, 1981; Espinach Ros et al., 1984). Pour des températures plus basses que celles de la présente étude, une augmentation de la durée de survie des ovules conservés in vivo peut donc être attendue chez H. longifilis, mais reste à préciser.

Escaffre et al. (1977) ont suggéré que pour la truite arc-en-ciel, la durée de survie des ovules pourrait dépendre de la masse d'ovules laissés dans la cavité générale des femelles. Toutefois, chez H. longifilis, la chute constatée dans les pourcentages d'éclosion 4 h après achèvement de l'ovulation, apparaît du même ordre de grandeur dans les expériences 1 et 3 où le mode de prélèvement des ovules diffère (collecte totale ou partielle; fig. 2 et 3). Ceci indique au contraire une indépendance entre le processus de vieillissement et la quantité d'ovules restant dans les ovaires.

A l'heure actuelle, les facteurs responsables de la perte de fécondabilité ou de qualité des ovules conservés in vivo après l'ovulation, restent mal cernés.

A l'issue d'une étude chez Roccus saxalitis, Stevens (1966) a suggéré que la perte de viabilité des ovules pourrait être le résultat d'une hypoxie au sein de l'ovaire après l'ovulation, causée par une modification du fluide ovarien. Cependant, peu d'éléments viennent étayer cette hypothèse.

Chez la truite arc-en-ciel la rétention des ovules se traduit par des modifications morphologiques importantes (Nomura et al., 1974) qui, selon Sakai et al. (1975), pourraient être à l'origine de la diminution de viabilité des oeufs. Toutefois, Springate et al. (1984)

rapportent que des ovules présentant les signes morphologiques de début de surmaturation définis par Nomura et al. (1974) peuvent encore être fécondés à 100% . A lui seul, l'aspect des ovules reste donc un critère insuffisant pour en évaluer la qualité.

Hirose et al. (1977) ont montré que la baisse des taux d'éclosion observée sur les oeufs de Plecoglossus altivelis fécondés 1 jour après ovulation était associée à une diminution de la concentration en sodium et en potassium dans les ovules, suggérant un changement de leur perméabilité membranaire.

Renard et al. (1987) font l'hypothèse que la perte de fécondabilité des ovules surmatures pourrait être due principalement à la fermeture du micropyle consécutive à une élévation du chorion. Chez la carpe, ces auteurs n'observent toutefois aucune élévation spontanée du chorion sur les ovules vieillis jusqu'à 9 h après ovulation, alors qu'une baisse dans la fécondabilité de ces ovules est observée dès la 4ème heure.

Craik et Harvey (1984) ont réalisé une étude approfondie de l'évolution de divers aspects de la composition biochimique (protéique et lipidique, notamment) des oeufs de truite arc-en-ciel maintenus dans la cavité générale des femelles jusqu'au 18ème jour suivant l'ovulation. Ils rapportent qu'une sévère diminution des pourcentages d'éclosion peut s'opérer sans qu'aucune modification significative des aspects étudiés dans la composition des oeufs soit mise en évidence et suggèrent, en définitive, que la viabilité des oeufs après l'ovulation pourrait être régulée par contrôle hormonal. D'un point de vue plus pratique, ces auteurs estiment que, en l'état actuel des connaissances, l'intervalle de temps entre l'ovulation et la collecte des ovules reste le meilleur critère d'évaluation de la qualité des oeufs.

Enfin, Boulekbache et al. (1989) ont suivi l'évolution de la concentration en nucléosides adenyliques et de la charge énergétique sur des ovules de carpe vieilis in vitro jusqu'à 9 heures après ovulation. Ils observent une réduction progressive de l'ATP et des réserves énergétiques dans les ovules à mesure que leur vieillissement augmente, la survie des embryons étant minimale après 6 à 9 h, lorsque les réserves énergétiques atteignent leur niveau le plus faible. Ces auteurs concluent que les effets défavorables du vieillissement

pourraient être associés à la diminution des réserves en ATP, cette diminution pouvant induire une désorganisation de la structure cellulaire et compromettre le développement des embryons.

Les causes de détérioration de la qualité des ovules vieillis in vivo n'ont pas été étudiées chez H. longifilis. Il est toutefois intéressant de souligner le fait que les premiers ovocytes ovulés ne semblent pas immédiatement s'engager dans un processus de vieillissement, puisque la qualité des ovules collectés en fin d'ovulation, au temps de latence de référence, reste excellente même lorsqu'il n'y a pas eu de collecte antérieure des oeufs (exp. 1 versus exp. 2 et 3). Le processus de surmaturation des ovules ne débuterait donc véritablement qu'après complet achévement de l'ovulation. Ces observations pourraient signifier que, in vivo, la durée de survie des ovules et, éventuellement, le maintien de leur réserves énergétiques, sont sous la dépendance de leur environnement hormonal. Cette hypothèse, qui rejoint celle de Craik et Harvey (1984), demanderait à être testée dans une étude expérimentale plus approfondie.

En conclusion, les expériences montrent que chez H. longifilis l'ovulation est asynchrone après traitement hormonal avec HCG et que la quantité totale d'ovules pouvant être collectés par massage abdominal des femelles augmente avec le temps de latence. Toutefois, après achévement de l'ovulation, les ovules s'engagent rapidement dans un processus de vieillissement. De ce fait, la période optimale pour la récolte des ovules, susceptible de conduire au meilleur compromis entre la quantité et la qualité des ovules collectés, est de courte durée chez H. longifilis. A 29-30°C, il apparaît que les temps de latence recommandés par Legendre (1991) correspondent approximativement à l'achèvement de l'ovulation. Ces délais doivent être respectés à 1 heure près, un retard de 2 h dans la collecte des ovules conduisant déjà à une forte augmentation des anomalies de développement embryonnaire.

REFERENCES

Billard R., C. Gillet, 1981. Vieillissement des ovules et potentialisation par la température des effets des micropolluants du milieu aqueux sur les gamètes chez la truite. *Cah. Lab. Hydrobiol. Montereau*, **12**, 35-42.

Boulekbache H., J. Bastin, M. Andriamihaja, B. Lefebvre, C. Joly, 1989. Ageing of fish oocytes : effects on adenylic nucleotides content, energy charge and viability of carp embryo. *Comp. Biochem. Physiol.*, **93**, 471-476.

Bry C., 1981. Temporal aspects of macroscopic changes in rainbow trout (*Salmo gairdneri*) oocytes before ovulation and of ova fertility during the post-ovulation period; Effect of treatment with 17 -hydroxy-20 dihydroprogesterone. *Aquaculture*, **24**, 153-160.

Craik J.C.A., S. M. Harvey, 1984. Egg quality in rainbow trout : The relation between egg viability, selected aspects of egg composition, and the time of stripping. *Aquaculture*, **40**, 115-134.

De Montalembert G., C. Bry, R. Billard, 1978. Control of reproduction in northern pike. *Am. Fish. Soc. Spec. Publ.*, **11**, 217-225.

Escaffre A. M, J. Petit, R. Billard, 1977. Evolution de la quantité d'ovules récoltés et conservation de leur aptitude à être fécondés au cours de la période post ovulatoire chez la truite arc-en-ciel. *Bull. Fr. Piscic.*, **265**, 134-142.

Espinach Ros A., V.G. Amutio, J.P. Mestre Arceredillo, G. Orti, A. Nani, 1984. Induced breeding of the South American catfish, *Rhamdia sapo* (C. & V.). *Aquaculture*, **37**, 141-146.

Fortuny A., A. Espinach Ros, V.G. Amutio, 1988. Hormonal induction of final maturation and ovulation in the Sabalo, *Prochilodus platensis* Holmberg : Treatments, latency and incubation times and viability of ovules retained in the ovary after ovulation. *Aquaculture*, **73**, 373-381.

Harvey B.J., W.S. Hoar, 1980. Reproduction provoquée chez les poissons : Théorie et pratique. Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI), Ottawa, Canada, 48 pp.

Hirose K., R. Ishida, K. Sakai, 1977. Induced ovulation of Ayu using human chorionic gonadotropin (HCG), with special reference to changes in several characteristics of eggs retained in the body cavity after ovulation. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **43**, 409-416.

Hirose K., Y. Machida, E. M. Donaldson, 1979. Induced ovulation of japanese flounder (*Limanda yokohamae*) with human chorionic gonadotropin and salmon gonadotropin, with special reference to changes in quality of eggs retained in the ovarian cavity after ovulation. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **45**, 31-36.

Hogendoorn H., M.M. Vismans, 1980. Controlled propagation of the African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.) : II. Artificial reproduction. *Aquaculture*, **21**, 39-53.

Lam T.J., 1982. Application of endocrinology to fish culture. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **39**, 11-137.

Legendre M., 1983. Examen préliminaire des potentialités d'un silure africain *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840) pour l'aquaculture en milieu lagunaire. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, **14**, 97-107.

Legendre M., 1986. 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., 1991. Bilan des premiers essais d'élevage d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Clariidae), en milieu lagunaire (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). *Atelier International sur la Recherche Aquacole en Afrique*, nov. 1988, Bouaké, Côte d'Ivoire. Compte rendus du Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI), (sous presse).

McEvoy-Barton L.A., 1984. Ovulatory rhythms and over-ripening of eggs in cultivated turbot, *Scophthalmus maximus* L. *J. Fish Biol.*, **24**, 437-448.

Mollah M.F.A., E.S.P. Tan, 1983. Viability of catfish (*Clarias macrocephalus*, Gunther) eggs fertilized at varying post-ovulation times. *J. Fish. Biol.*, **22**, 563-566.

Nomura M., K. Sakai, F. Takashima, 1974. The over-ripening phenomenon of rainbow trout. I. Temporal morphological changes of eggs retained in the body cavity after ovulation. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **40**, 977-984.

Renard PH., R. Billard, R. Christen, 1987. Formation of the chorion in carp oocytes. An analysis of the kinetics of its elevation as a function of oocyte ageing, fertilization and the composition of the dilution medium. *Aquaculture*, **62**, 153-160.

Richter C.J.J., R. Van den Hurk, 1982. Effects of 11-desoxycorticosterone-acetate and carp pituitary suspension on follicule maturation in the ovaries of the African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.). *Aquaculture*, **29**, 53-66.

Sakai K., M. Nomura, F. Takashima, H. Oto, 1975. The over-ripening phenomenon of rainbow trout : II. Changes in the percentage of eyed eggs, hatching rate and incidence of abnormal alevins during the process of over-ripening. *Bull. Jpn. Soc. Sci. Fish.*, **41**, 855-860.

Springate J.R.C., N.R. Bromage, J.A.K. Elliott, D.L. Hudson, 1984. The timing of ovulation and stripping and their effects on the rates of fertilization and survival to eying, hatch and swim-up in the rainbow trout (*Salmo gairdneri* R.). *Aquaculture*, **43**, 313-322.

Stevens R. E., 1966. Hormone-induced spawning of Striped Bass for reservoir stocking. *Prog. Fish. Cult.*, **28**, 19-28.

Woynarovich E., L. Horvath, 1980. The artificial propagation of warm-water finfishes - A manuel for extension. *FAO Fisheries Technical Paper*, N° 201, 183 pp.

Tableau 1 : Nombre total d'ovules collectés sur 6 femelles de H. longifilis vidées du maximum de leurs ovules successivement à 8 h, 11 h, et 15 h après le traitement hormonal, et pourcentages des ovules obtenus après la première (8 h) et la seconde collecte (8 h + 11 h) dans la première expérience (température moyenne de 30°C).

Total number of egg collected from 6 H. longifilis females emptied of the maximum of their eggs successively 8 h, 11 h and 15 h after the hormonal treatment, and percentages of eggs obtained after the first (8 h) and the second collect (8 h + 11 h) in the first experiment (mean temperature of 30°C).

No de femelle	Poids corporel (kg)	Poids d'un ovule (mg)	Nbre total d'ovules collectés (x 1000)	Ovules obtenus après la 1ère collecte		Ovules obtenus après la 2ème collecte	
				Nbre (x 1000)	%	Nbre (x 1000)	%
1	2.7	1.3	116	23	19.8	104	89.6
2	4.7	1.3	50	26	52.0	31	62.0
3	3.1	1.3	90	22	24.4	76	84.4
4	4.2	1.6	86	29	33.7	65	75.6
5	4.4	1.3	139	2	1.4	99	71.2
6	3.7	1.3	71	3	4.2	55	77.5

Tableau 2 : Proportion d'ovocytes ovulés, réponse ovulatoire (R), rapport gonadosomatique (RGS), pourcentage d'éclosion et pourcentage de larves déformées obtenus au temps de latence de référence (11 h à 30°C) pour les 6 femelles de H. longifilis dans la seconde expérience.
RGS = (poids de l'ovaire après l'ovulation/poids du poisson entier) x 100.

Proportion of ovulated egg, ovulatory response (R), gonadosomatic index (RGS), hatching percentage and percentage of deformed larvae obtained at the reference latency time (11 h at 30°C) for the 6 H. longifilis females in the second experiment.
RGS = (weight of the ovary after ovulation/weight of the entire fish) x 100.

No de femelle	Poids corporel (kg)	Poids d'un ovule (mg)	Nbre d'ovules collectés (x 1000)	Nbre d'ovocytes non ovulés (x 1000)	% d'ovocytes ovulés	R (%)	RGS (%)	Eclosion (%)	Larves déformées (%)
1	4.5	1.8	416	43	90.6	77.1	21.1	91.1	5.1
2	5.0	1.6	464	159	74.5	61.6	23.4	95.6	6.9
3	3.4	1.5	349	16	95.6	80.6	19.2	96.1	2.4
4	3.6	1.7	257	13	95.2	79.6	15.0	92.0	5.2
5	5.3	1.8	244	32	88.4	71.8	11.6	81.0	7.2
6	5.6	1.7	449	87	83.7	71.7	18.9	92.7	10.5

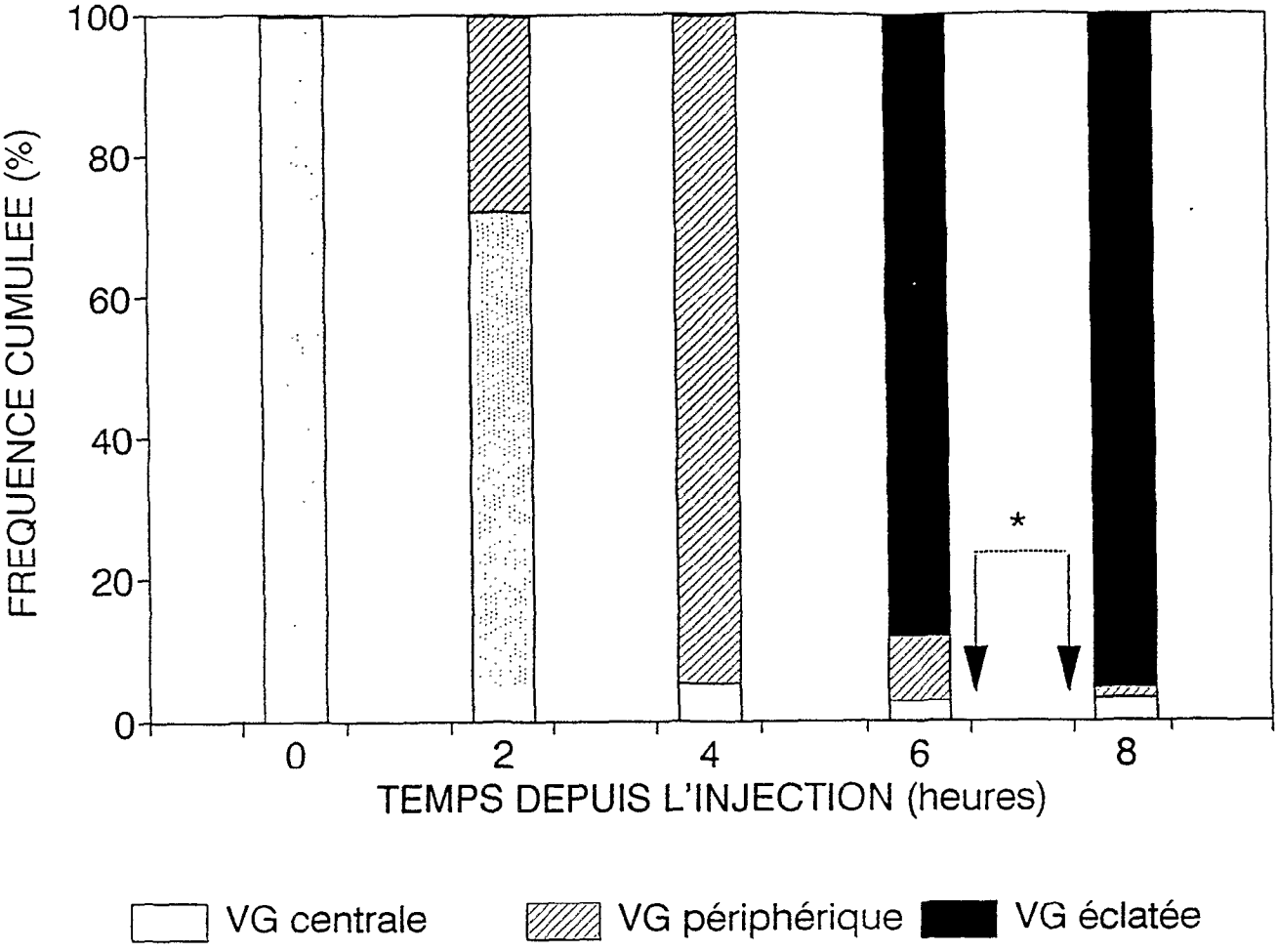


FIGURE 1 : Evolution de la maturation ovocytaire après injection de HCG chez H. longifilis.

Moyennes pour 6 femelles dans la première expérience (température moyenne de 30°C).

(*) : observation des premiers ovules.

VG : vésicule germinative

Evolution of oocyte maturation after HCG injection in H. longifilis. Mean for 6 females in the first experiment (mean temperature of 30°C).

(*) : observation of first ovulated eggs.

VG : germinal vesicle

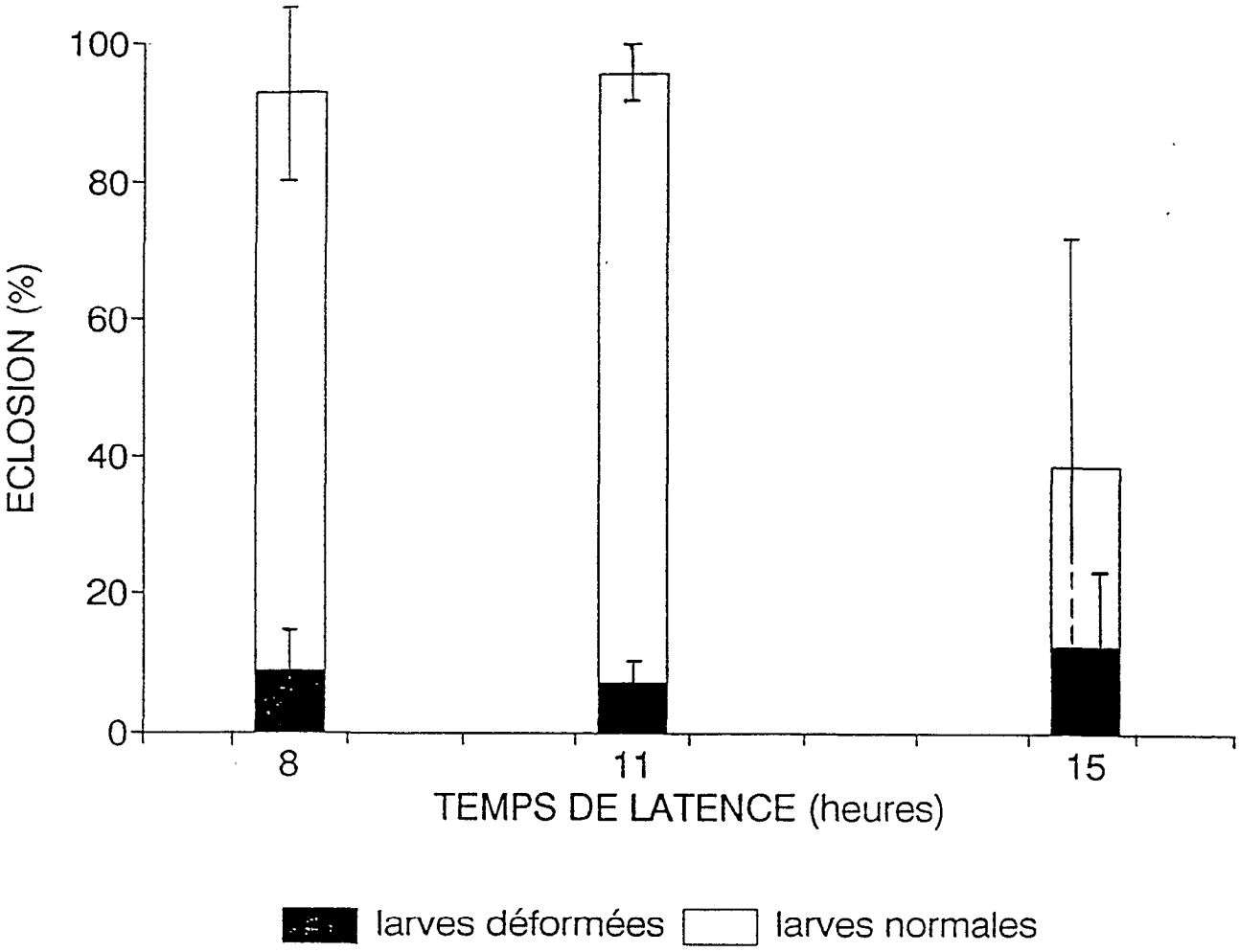


FIGURE 2 : Pourcentage d'éclosion des oeufs de H. longifilis en fonction du temps de latence après injection de HCG dans la première expérience (température moyenne de 30°C).

Moyennes pour 6 femelles vidées du maximum de leurs oeufs à chaque prélévement.

Les barres verticales correspondent à l'intervalle de confiance au risque de 5%.

Hatching percentage of H. longifilis eggs as a function of latency time from HCG injection in the first experiment (mean temperature of 30°C).

Means for six females emptied of the maximum of their eggs at each stripping.

Vertical bars refer to the confidence interval at a 5% probability.

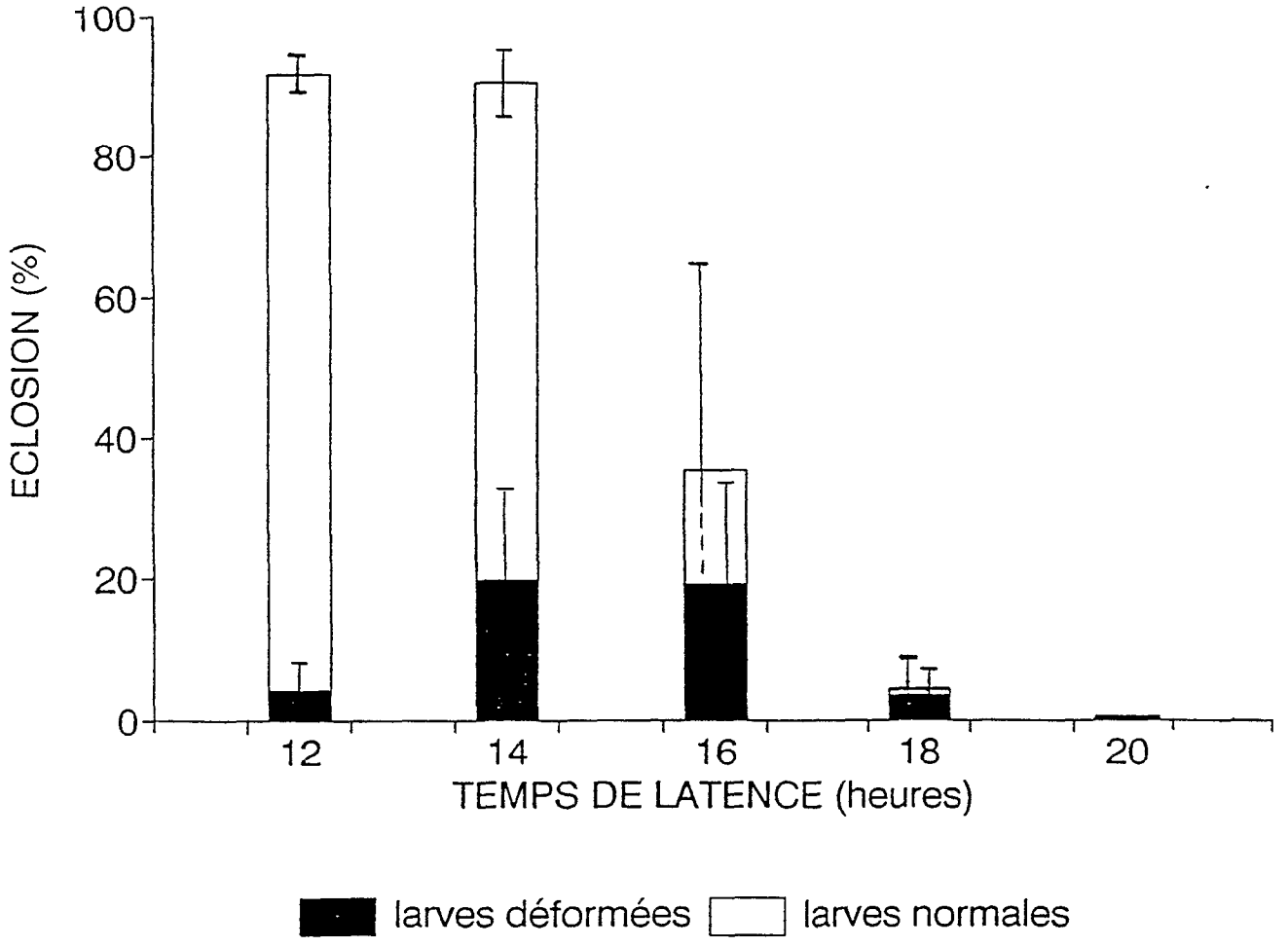


FIGURE 3 : Pourcentage d'éclosion des oeufs de H. longifilis en fonction du temps de latence après injection de HCG dans la troisième expérience (température moyenne de 29°C).

Moyennes pour 6 femelles partiellement vidées de leurs oeufs à chaque prélévement.

Les barres verticales correspondent à l'intervalle de confiance au risque de 5%.

Hatching percentage of H. longifilis eggs as a function of latency time from HCG injection in the third experiment (mean temperature of 29°C).

Means for six females partially emptied of their eggs at each stripping.

Vertical bars refer to the confidence interval at a 5% probability.

LEGENDRE M. et 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.

Aquat. Living Resour., 1991, **4**, 227-240

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)

Marc Legendre [1] et Guy G. Teugels [2]

[1] *Centre de Recherches Océanographiques, BP V18, Abidjan, Côte d'Ivoire.*
Adresse actuelle : *ORSTOM, BP 5045, F-34032 Montpellier Cedex 1, France.*
[2] *Laboratoire d'Ichtyologie, Musée Royal de l'Afrique Centrale, B-3080, Tervuren, Belgique.*

Reçu le 8 mars 1991 ; accepté le 24 septembre 1991.

Development and thermal tolerance of eggs in *Heterobranchus longifilis*, and comparison of larval developments of *H. longifilis* and *Clarias gariepinus* (Teleostei, Clariidae).

Legendre M., G. G. Teugels. *Aquat. Living. Resour.*, 1991, **4**, 227-240.

Abstract

The embryonic and larval development of the African catfish *Heterobranchus longifilis* (Clariidae) has been described chronologically up to 17 days of age, and has been compared to that of another clariid, *Clarias gariepinus*. Both species show great similarities in their early development, differing merely in the ontogeny of the dorsal fin, unique and elongated in *C. gariepinus*, shorter and followed by a large adipose fin in *H. longifilis*. In *H. longifilis*, the termal tolerance limits of the eggs have been established: they are situated between 22 and 24°C and between 34 and 35°C, no hatching being observed at either 21°C or 36°C. Hatching rate was highest between 25 and 29°C and this optimal temperature range is recommended for egg incubation in hatcheries. Incubation time varied with the temperature. Hatching took place after 26 to 33 hours and 14 to 18 hours after fertilization at temperatures of 25 and 33°C respectively.

Keywords : *Heterobranchus longifilis*, *Clarias gariepinus*, ontogeny, temperature, incubation, hatching.

Résumé

Une description chronologique du développement embryonnaire et larvaire du poisson-chat africain *Heterobranchus longifilis* (Clariidae) a été effectuée jusqu'à l'âge de 17 jours. Une comparaison avec le développement ontogénique d'un autre Clariidae, *Clarias gariepinus*, a été faite. Les deux espèces présentent de grandes similitudes dans leur développement et diffèrent surtout par la genèse de la nageoire dorsale, unique et allongée chez *C. gariepinus*, plus courte et suivie d'une grande nageoire adipeuse chez *H. longifilis*. Les limites inférieure et supérieure de tolérance thermique des oeufs de *H. longifilis* ont été déterminées. Elles se situent entre 22 et 24°C et entre 34 et 35°C respectivement, aucune éclosion n'étant obtenue à 21°C comme à 36°C. L'optimum thermique pour lequel les pourcentages d'éclosion sont les plus élevés se situe entre 25 et 29°C. Cet intervalle de température est donc recommandé pour l'incubation des oeufs dans la pratique piscicole. La durée de l'incubation varie avec la température. L'éclosion des oeufs se situe entre 26 à 33 heures et 14 à 18 heures après la fécondation pour des températures d'incubation de 25 et 33°C respectivement.

Mots-clés : *Heterobranchus longifilis*, *Clarias gariepinus*, ontogenèse, température, incubation, éclosion.

INTRODUCTION

Heterobranchus longifilis Valenciennes, 1840 est une espèce de poisson-chat africain, appartenant à la famille des Clariidae, dont le potentiel aquacole est à présent bien établi (Legendre, 1983 et 1991 ; Legendre *et al.*, 1991). Récemment, une technique de reproduction contrôlée à été définie pour ce poisson (Legendre, 1986). Pour ce qui concerne l'influence des facteurs de l'environnement, on sait notamment que la salinité a un effet défavorable sur l'incubation des oeufs, aucune éclosion n'étant obtenue lorsque la salinité dépasse 6 $g.l^{-1}$. En revanche, l'optimum thermique pour l'incubation des oeufs et la relation existant entre la durée du développement embryonnaire et la température n'ont fait l'objet d'aucune étude précise chez *H. longifilis*. Ces données font encore défaut pour une standardisation complète de la technique de production des larves en captivité.

Outre l'acquisition de données de bases utiles en pisciculture, l'étude du développement embryonnaire et larvaire de *H. longifilis* présente aussi un intérêt écologique important : les stades embryonnaires et larvaires sont considérés comme des indicateurs très sensibles aux perturbations de l'environnement. Aussi, une bonne connaissance de la biologie de ces stades peut contribuer à la gestion des populations. Enfin, l'étude ontogénique peut mettre en évidence toute une série de caractères, absents chez l'adulte, susceptibles de contribuer à une meilleure définition de la phylogénie des Clariidae.

Jusqu'à présent, *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) (avec ses synonymes *C. lazera* Valenciennes, 1840 et *C. mossambicus* Peters, 1852, voir Teugels, 1982 et 1986) est la seule espèce africaine de la famille des Clariidae pour laquelle le développement embryonnaire et larvaire a été étudié. Cambray et Teugels (1988) présentent une bibliographie annotée sur ce sujet, dont nous ne citerons que les travaux de Bruton (1979), Zaki et Abdula (1983) ; Janssen (1985). Parmi les Clariidae asiatiques, le développement de *Clarias batrachus* (Linnaeus, 1758) et de *C. macrocephalus* Günther, 1864 a fait l'objet d'études par Aprieto (1976), Thakur (1980) et Mollah et Tan (1982). En ce qui concerne les espèces du genre *Heterobranchus*, aucune étude sur le développement n'a été réalisée.

Le présent travail décrit le développement embryonnaire et larvaire [1] de *Heterobranchus longifilis* jusqu'au dix-septième jour, âge auquel les poissons ont déjà acquis la morphologie de l'adulte. Une comparaison avec *Clarias gariepinus*, autre espèce d'intérêt aquacole en Afrique, est présentée. Enfin, l'influence de la température de l'eau sur la durée de l'incubation et la qualité de l'éclosion est étudiée chez *H. longifilis*.

[1] Une redéfinition des principales périodes du développement ontogénétique chez les poissons a été proposée par Balon (1984 *a*, *b*). Cette terminologie n'a pas été adoptée dans la présente étude principalement par souci d'homogénéité avec la littérature antérieure sur les Clariidae.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

Cette étude a été réalisé en novembre 1989 à la station d'aquaculture expérimentale de Layo (Côte d'Ivoire), située au bord de la lagune Ebrié à 40 km à l'ouest d'Abidjan.

Les *Heterobranchus longifilis* utilisés comme géniteurs proviennent de Layo et descendent d'un stock sauvage ayant spontanément colonisé les étangs de la station en 1982 (Legendre, 1983). Les *Clarias gariepinus* sont originaires de la station piscicole de l'Institut des Savannes (IDESSA) à Bouaké (Côte d'Ivoire). Ces géniteurs ont été élevés en enclos lagunaires (Hem, 1982) et nourris avec un aliment granulé contenant 35 % de protéines brutes. Au moment de l'étude, la salinité de la lagune était voisine de zéro et sa température fluctuait entre 28 et 32°C.

La maturation ovocytaire et l'ovulation ont été provoquées par une seule injection de gonadotropine chorionique humaine (HCG), avec une dose de 1,5 U.I./g de poids de femelle chez *H. longifilis* (Legendre, 1986) et de 4,0 U.I./g de poids de femelle chez *C. gariepinus* (Eding *et al.*, 1982). Le temps de latence entre l'injection et la collecte des ovules a été fixé à 12 h, les poissons étant maintenus à une température de 29-30°C. Les méthodes de choix des géniteurs, de collecte des gamètes et de fécondation artificielle ont été présentées antérieurement (Legendre, 1986).

Développement embryonnaire et larvaire

Le développement embryonnaire de *H. longifilis* a été suivi sur des lots d'une cinquantaine d'oeufs provenant de deux femelles et répartis séparément en boîtes de Pétri, dans 100 ml d'eau douce maintenue à la température ambiante du laboratoire (28-30,5°C). Après l'éclosion (J0) et jusqu'à l'âge de 17 jours (J17), les larves de *H. longifilis* et de *C. gariepinus* ont été élevées simultanément, par groupe de 500, en bacs de 60 litres alimentés en eau douce recyclée à une température comprise entre 27 et 29°C. A partir de l'âge de 2 jours (J2), les poissons ont été nourris *ad libitum* quatre fois par jour avec des nauplii d'*Artemia salina* congelés puis, à partir de J9, avec des microgranulés (Trouvit 000) contenant 50 % de protéines brutes.

Les observations ont été effectuées simultanément par les deux auteurs sous deux loupes binoculaires Wild, l'une de type M5 équipée d'une chambre claire et l'autre de type M3 équipée d'un appareil photographique. Le développement des oeufs a été suivi en continu jusqu'à l'éclosion et celui des larves jusqu'en fin de résorption vitelline (J2) sur des échantillons

prélevés toutes les 3 à 5 heures. Au delà de J2, les prélèvements et observations ont été quotidiens.

Des échantillons d'oeufs et de larves conservés, représentatifs de l'ensemble des séries de croissance correspondantes, ont été déposés au Musée Royal de l'Afrique Centrale à Tervuren sous la référence MRAC 89-56-P-1-32 (*H. longifilis*) et MRAC 89-56-P-33-42 (*C. gariepinus*). Pour chaque espèce, une série de croissance a été colorée selon la technique de Taylor et Van Dyke (1985), adaptée à la taille des larves, afin d'étudier le développement ostéologique des nageoires.

Influence de la température d'incubation

Immédiatement après la fécondation *in vitro*, des lots d'oeufs de *H. longifilis* ont été incubés respectivement aux températures constantes (±0,1°C) de 21, 25, 29, 33 et 36°C, ainsi qu'à la température ambiante extérieure (27-29°C). Cette gamme de températures correspond aux extrêmes enregistrés saisonnièrement dans les différentes structures de la station de Layo.

Pour chaque température, 4 lots de 150 à 200 oeufs provenant de quatre femelles différentes ont été répartis et incubés simultanément dans des récipients en plastique contenant 350 ml d'eau de ville déchlorée. Ces récipients étaient préalablement placés en surface de bacs couverts où l'eau était ajustée aux différentes températures expérimentales. Dans tous les cas, l'incubation a été conduite en eau stagnante et à l'obscurité. L'oxygène n'était pas limitant et sa concentration est toujours restée supérieure à 5 $mg.l^{-1}$.

Dans chaque lot, y compris 4 lots témoins d'ovules non fécondés incubés à 29°C, le nombre des oeufs morts (oeufs blancs) a été compté toutes les 2,5 heures. De même, l'évolution du nombre de larves écloses a été suivie par comptage toutes les demi-heures, à partir du moment où les premières éclosions étaient constatées. Après complet achèvement des éclosions, les proportions de larves normales et de larves déformées ont été déterminées par observation et dénombrement au-dessus d'une table lumineuse.

Les pourcentages d'éclosion et les proportions de larves déformées obtenus aux différentes températures d'incubation (sauf 21 et 36°C) ont été comparés respectivement par une analyse de variance à un facteur. Une transformation angulaire des données a été effectuée pour satisfaire au critère de normalité et stabiliser la variance résiduelle. Les lots expérimentaux homogènes ont été recherchés par le test de Duncan.

RÉSULTATS

Développement embryonnaire et larvaire

De la fécondation à la résorption vitelline

Les principales étapes du développement embryonnaire et larvaire de *H. longifilis* jusqu'en fin de résorption de la vésicule vitelline sont résumées dans le *tableau* 1. Le développement des oeufs est illustré dans la *figure* 1.

Les ovules, collectés à sec, ont un diamètre moyen de 1,5 à 1,8 mm. Après transfert en eau douce, ils subissent une hydratation rapide qui conduit à la formation de l'espace périvitellin, et atteignent en quelques minutes un diamètre de 1,7 à 2,1 mm dans leur plus grand axe. On assiste simultanément au gonflement d'un important disque adhésif qui présente en son centre une dépression en forme d'entonnoir, laquelle est située à l'aplomb du micropyle et du pôle animal de l'ovule. A ce stade, qu'ils soient fécondés ou non, les oeufs ont une couleur vert-olive, le pôle animal étant marqué par une capsule brun-rougeâtre. Ils se présentent sous la forme d'une sphère aplatie selon un axe perpendiculaire au plan formé par le disque adhésif. Ce dernier permet aux oeufs de se fixer sur toute sorte de supports. Une fois l'espace périvitellin formé, l'oeuf, désolidarisé du chorion, est susceptible d'effectuer des rotations pouvant rapidement conduire le pôle animal à ne plus se trouver en face du disque adhésif.

Après la fécondation, un important remaniement du cytoplasme de l'oeuf est rendu visible par une condensation de matériel cytoplasmique sous le pôle animal (*fig.* 1 *A*). A 28-30,5°C, la première division cellulaire intervient entre 38 à 52 minutes après la fécondation (*fig.* 1 *B*). La segmentation se poursuit ensuite au rythme d'une division toutes les 10 à 15 minutes.

Après 2 h 50 mn à 3 h 30 mn, la morula à la forme d'un bourgeon cellulaire proéminent juché sur le vitellus (*fig.* 1 *C*). De lentes ondes de contraction de la membrane vitelline sont alors observées.

Durant la gastrulation, entre la 5e et la 8e heure, les cellules embryonnaires recouvrent progressivement la totalité de la masse vitelline (*fig.* 1 *D*). Au moment de la fermeture du blastopore (*fig.* 1 *E*), les crêtes neurales sont visibles et un épaississement cellulaire marque nettement l'ébauche céphalique. L'apparition des premiers somites s'effectue peu après (8 h 30 mn) et leur nombre augmente rapidement : 8 à 10 h (*fig.* 1 *F*); 16 à 11 h; 24 à 12 h; 34 à 13 h.

La 11e heure voit l'apparition des otocystes (vésicules paires contenant chacune deux petits otolithes) au niveau du tiers antérieur de l'embryon. A partir de la 13e heure, la partie caudale se décolle de la surface du vitellus (*fig.* 1 *G*). Les premiers mouvements embryonnaires sont alors observés. Les contractions de l'embryon gagnent ensuite progressivement en intensité et, peu avant l'éclosion, elles s'effectuent par saccades très rapides entrecoupées de pauses. Prenant appui sur sa queue, l'embryon pousse ainsi sur le chorion qui se déforme et se déchire à l'opposé, au niveau de la région céphalique. Il s'échappe de son enveloppe la tête la première (*fig.* 1 *H*). La jeune larve possède alors 55 somites et

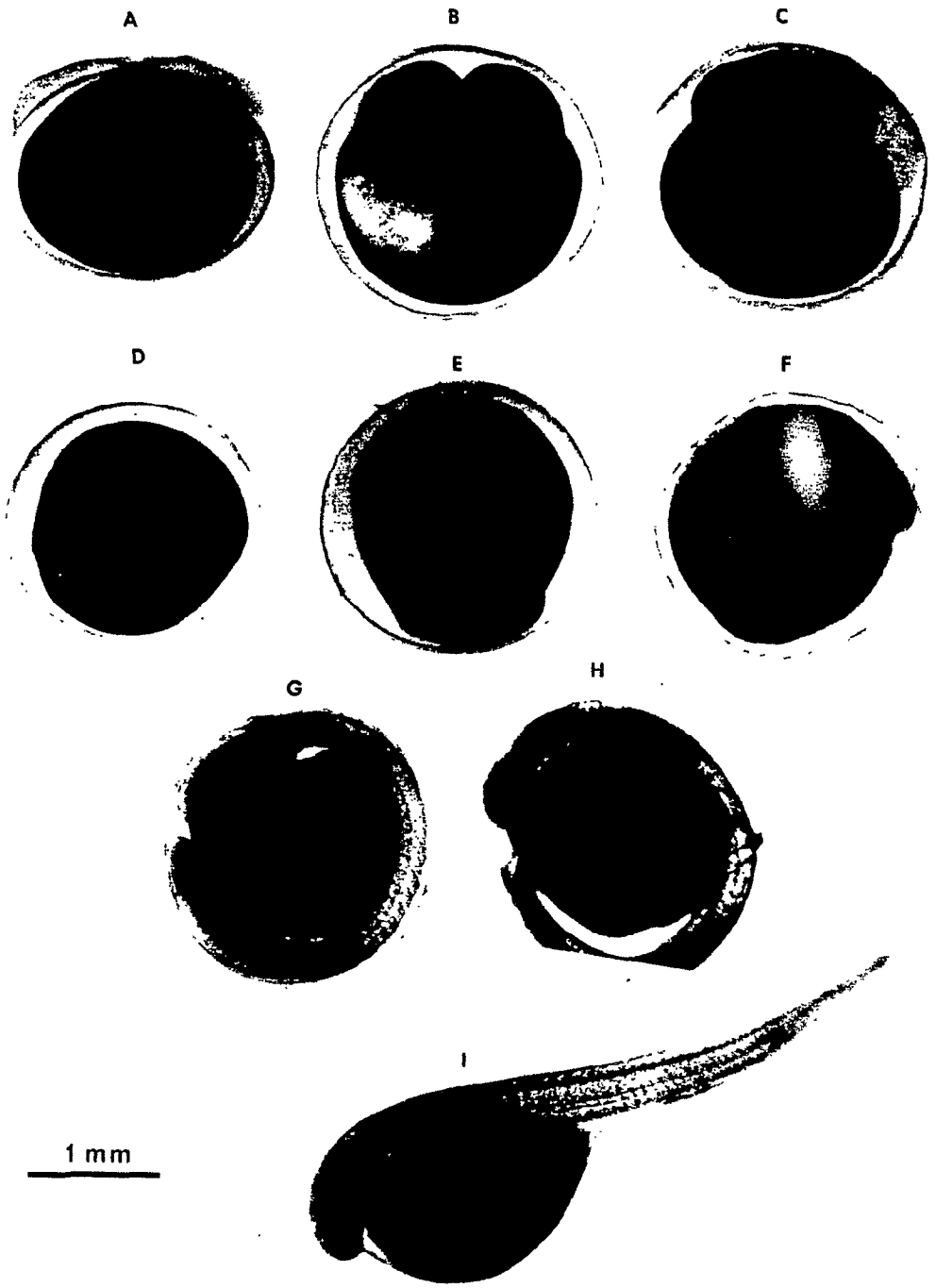


Figure 1. – Illustration de différents stades du développement embryonnaire de *H. longifilis* (température 28-30,5°C). *A* : 25 mn après fécondation; *B* : stade deux cellules (43 mn); *C* : morula (2 h 30); *D* : gastrulation (6 h 30); *E* : fermeture du blastopore (7 h 30); *F* : formation des premiers somites (10 h); *G* : le coeur bat (14 h); *H* : éclosion (19 h); *I* : larve éclose (20 h).

Different stages in the embryonic development of H. longifilis (*temperature* 28-30.5°*C*). A: 25 *min after fertilization;* B: *two cell-stage* (43 *min*); C: *morula* (2 *h* 30); D: *gastrulation* (6 *h* 30); E: *blastopore closing* (7 *h* 30); F: *formation of first somites* (10 *h*); G: *the heart beats* (14 *h*); H: *hatching* (19 *h*); I: *hatched larvae* (20 *h*).

Tableau 1. – Chronologie des principales étapes du développement embryonnaire et larvaire de *Heterobranchus longifilis* jusqu'à la résorption des réserves vitellines (observations effectuées à une température ambiante de 28-30,5°C).

Timing of the main steps in the embryonic and larval development of Heterobranchus longifilis *up to complete resorption of the yolk sac (observations made at ambient temperature of* 28-30.5°C).

Age (h, min)	LT (mm)	Descriptif
0	1,5-1,8	Fécondation.
0 à 40 min	1,7-2,1	Formation de l'espace périvitellin, remaniement cytoplasmique, gonflement du disque adhésif et fixation de l'oeuf.
38 à 52 min	1,7-2,1	Stade 2 cellules.
60 min	1,7-2,1	Stade 4 cellules.
1 h 15	1,7-2,1	Stade 8 cellules.
1 h 25	1,7-2,1	Stade 16 cellules.
1 h 45	1,7-2,1	Stade 32 cellules.
2 h 00	1,7-2,1	Stade 64 cellules.
2 h 50 à 3 h 30	1,7-2,1	Stade morula avancé, contractions de la membrane vitelline.
4 h 00 à 5 h 15	1,7-2,1	Stade blastula, poursuite des contractions de la membrane vitelline.
5 h 00 à 8 h 00	1,7-2,1	Recouvrement du vitellus par les cellules embryonnaires : gastrulation.
8 h 15	1,7-2,1	Fermeture du blastopore, présence des crêtes neurales et épaississement de l'ébauche céphalique.
8 h 45	1,7-2,1	4 à 5 somites bien visibles.
11 h	1,7-2,1	16 somites, formation des otocystes.
12 h à 13 h	1,7-2,1	24 à 34 somites, le bourgeon caudal se détache du vitellus, formation de la cavité péricardiaque, premières contractions de l'embryon.
14 h	1,7-2,1	Premiers battements cardiaques.
16 h	1,7-2,1	L'extrémité caudale dépasse le niveau de l'ébauche céphalique.
18 h	1,7-2,1	Contractions embryonnaires en saccades, déformation du chorion au niveau de la partie céphalique de l'embryon.
19 h à 24 h	1,7-2,1	**Eclosion.**
	4,5-5,5	Larves avec 55 somites, ébauches du tube digestif et de l'aorte dorsale.
26 h		Le coeur a migré en avant de la vésicule vitelline, les otocytes migrent également vers l'avant, pastille adhésive présente, formation des fentes branchiales.
29 h	6,1-7,3	Pourtour de la bouche et opercules en formation, fentes branchiales en place, ébauches des barbillons maxillaires et des yeux, le tube digestif commence à se remplir de vitellus dégradé.
32 h	7,2-7,6	Pigmentation des yeux, rougissement du sang, début d'ossification du crâne.
36 h	7,7-7,9	Apparition de mélanophores sur le dessus de la tête, ossification de la mâchoire inférieure, ébauches des feuillets branchiaux et des barbillons nasals.
43 h	8,0-8,1	Accroissement de la pigmentation de la tête, tube digestif rempli de vitellus dégradé, canal de Wolff bien visible.
47 h	8,2-8,5	Ébauches des 3e et 4e paires de barbillons, apparition de bourgeons sensoriels sur la face antérieure des barbillons maxillaires et nasals ; mélanophores abondants sur la tête, les lèvres et les opercules ; les arcs branchiaux, portant chacun une dizaine de feuillets branchiaux, sont totalement recouverts par les opercules, les yeux paraissent fonctionnels.
51 h	8,3-8,5	La pigmentation très dense sur la tête s'étend à la partie dorsale du sac vitellin et à la base de la nageoire, le crâne et la bouche sont en formation très avancée, les otocystes intégrés au crâne sont peu visibles, allongement des barbillons, ébauche des narines, circulation sanguine bien visible le long des myomères.
58 h	8,6-9,1	Net développement des feuillets branchiaux, face antérieure des barbillons et bord des lèvres couverts de bourgeons sensoriels, vascularisation des barbillons maxillaires, apparition d'une ligne continue de vésicules (organes sensoriels ?) sur toute la périphérie de la nageoire.
69 h	9,6-10	Formation des rayons branchiostèges, bourgeons des nageoires pectorales apparents.
73 h	9,6-10	Ouverture de l'anus et de l'orifice urogénital, villosités intestinales apparentes, longueur des barbillons maxillaires et nasals dépassant la longueur de la tête, la pigmentation se densifie sur tout le corps, régression complète de la pastille adhésive.
78 h	9,6-10,6	Villosités intestinales développées, reste de vitellus peu abondant mais encore notable, narines formées, comportement de prise alimentaire très actif.

les ébauches du tube digestif et de l'aorte dorsale sont bien visibles (*fig.* 1 *I*).

La cavité péricardiaque, initialement située entre la larve et la vésicule vitelline, va rapidement migrer pour se retrouver, vers la 26e heure, en avant de cette dernière. Simultanément, une pastille adhésive se développe à la base de la vésicule vitelline et permet aux larves de se fixer au substrat. Celles-ci, généralement immobiles, peuvent toutefois se déplacer pour échapper à des conditions défavorables, notamment pour éviter les zones de fort éclairement. Ce comportement photophobe est très marqué chez les larves de 48 h (8 à 9 mm LT) dont les yeux sont formés. Celles-ci, beaucoup plus vives malgré une pastille adhésive

persistante, se concentrent en paquet dans les coins plus obscurs des structures d'élevage. Elles présentent un comportement benthique, mais en l'absence de perturbations elles ne se déplacent que peu ou pas.

A 72-78 h après fécondation, les grandes étapes de l'organogenèse sont achevées. Les larves (9,5 à 10,5 mm) présentent des villosités nettement visibles dans le tube digestif. L'anus et l'orifice urogénital s'ouvrent. La pastille adhésive disparait et les larves se déplacent dans toute la colonne d'eau, à la recherche de nourriture. Elles restent toutefois très sensibles à la lumière. La première prise d'aliment s'effectue alors que les réserves vitellines ne sont pas encore totalement résorbées. Le régime alimentaire est essentiellement zooplanctonophage et, à ce stade, les larves dont la largeur de la bouche avoisine 1 mm (*fig.* 2) sont déjà capables d'ingérer des proies de grande taille (cladocères et copépodes de 600 à 800 µm; Legendre, 1991).

De la résorption à l'âge de 17 *jours*

Plusieurs stades du développement larvaire de *H. longifilis* sont illustrés dans la *figure* 3.

La pigmentation (mélanophores isolés) apparaît en premier lieu au niveau de la tête dès le jour suivant l'éclosion (J1). Quelques mélanophores sont visibles aussi sur le dessus de la vésicule vitelline. Le jour suivant (J2), la pigmentation s'étend à tout le corps et s'intensifie sur la tête. Le bord extérieur de la nageoire larvaire, qui s'étend en position verticale de l'arrière de la tête à la partie postérieure de la vésicule vitelline, est pourvu d'une ligne continue de vésicules. Le rôle de ces vésicules n'est pas identifié, mais il a été envisagé qu'elles puissent avoir une fonction sensorielle chez *C. gariepinus* (Bruton, 1979). A l'issue du troisième jour (fin de J2), les bourgeons des nageoires pectorales apparaîssent au niveau de l'extrémité postérieure des opercules. Les barbillons sont très développés; leur bord antérieur est couvert de nombreux bourgeons sensoriels, qui sont également présents sur le bord des lèvres (*fig.* 2).

A partir de J3, les premiers rayons apparaîssent dans la nageoire caudale. Les narines sont bien visibles au-dessus du museau. La taille est de 6,8 à 8,1 mm LT.

Le cinquième jour (J4), les larves atteignent 7,8 à 8,3 mm LT. Une bande cartilagineuse se forme au niveau de la partie antérieure de la nageoire dorsale, et en particulier au voisinage de son bord inférieur; elle aboutira à la formation des rayons dorsaux. Une bande similaire est présente au niveau du début de la nageoire anale. Le nombre de rayons dans la région caudale augmente. Chez quelques spécimens, la première ébauche des rayons de la dorsale peut être observée.

Le sixième jour (J5; 8,6 à 10,0 mm LT), l'ébauche des premiers rayons de la nageoire dorsale est nettement visible : leur nombre varie suivant la taille (entre 9, et dans un exemplaire de 9,5 mm LT, et 12, dans

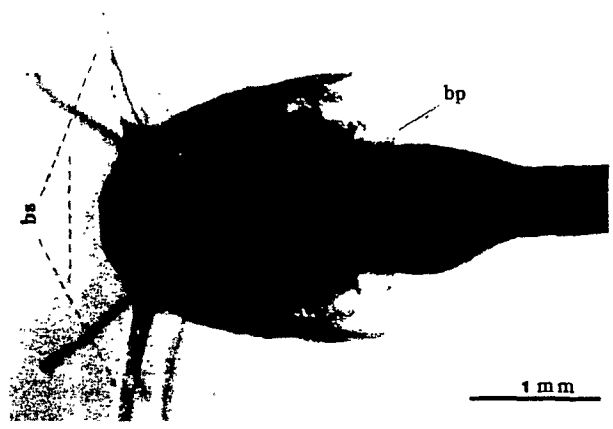


Figure 2. – Larve, 78 h après la fécondation. La largeur de la bouche avoisine 1 mm. Les lèvres et la face antérieure des barbillons sont couvertes de bourgeons sensoriels (*bs*). *bp* : bourgeon de la nageoire pectorale.

Larvae, 78 *h after fertilization. Mouth width is approximately* 1 *mm. Taste buds* (bs) *are visible on the lips and on the anterior part of the barbels.* bp: *pectoral fin bud.*

un exemplaire de 10,0 mm LT). La formation des rayons de la caudale est bien avancée. Une intensification de la pigmentation est notée sur le corps et à la base des nageoires. Le bord extérieur des mâchoires est pourvu d'une série de dents coniques. Un petit groupe de dents est aussi présent dans la cavité branchiale; il formera la bande dentaire pharyngienne. Sept rayons branchiostèges sont comptés de chaque côté de la partie inférieure de la tête.

Lors du septième jour (J6; 9,2-10,6 mm LT), un creusement apparaît au niveau du tiers antérieur du bord de la nageoire dorsale, il correspond au début de la formation de la nageoire adipeuse. 19 où 20 rayons sont comptés dans la dorsale rayonnée. Les pectorales sont bien développées, alors que les nageoires pelviennes restent encore rudimentaires. Les mélanophores sur le dessus de la tête sont en forme de grosses étoiles; sur le corps, à la base des nageoires et sur le dessous de la tête, ils sont plus fins.

Le huitième jour après l'éclosion (J7; 10,8-11,3 mm LT), le creusement de la nageoie dorsale est bien marqué. Les premiers rayons de la nageoire anale commencent à se former. Sur la tête, les canaux sensoriels sont bien visibles. L'estomac et l'intestin sont parfaitement individualisés. Le nombre de branchiostèges est d'environ 10 de chaque côté, ce qui avoisine le nombre définitif. La formation de l'appareil branchial est bien avancée : les cinq arcs branchiaux sont parfaitement discernables.

Le neuvième jour (J8; 10,5-13,0 mm LT), la dorsale rayonnée comporte environ 25 rayons. Les nageoires pelviennes sont bien développées. Les branchiospines deviennent visibles sur les arcs branchiaux.

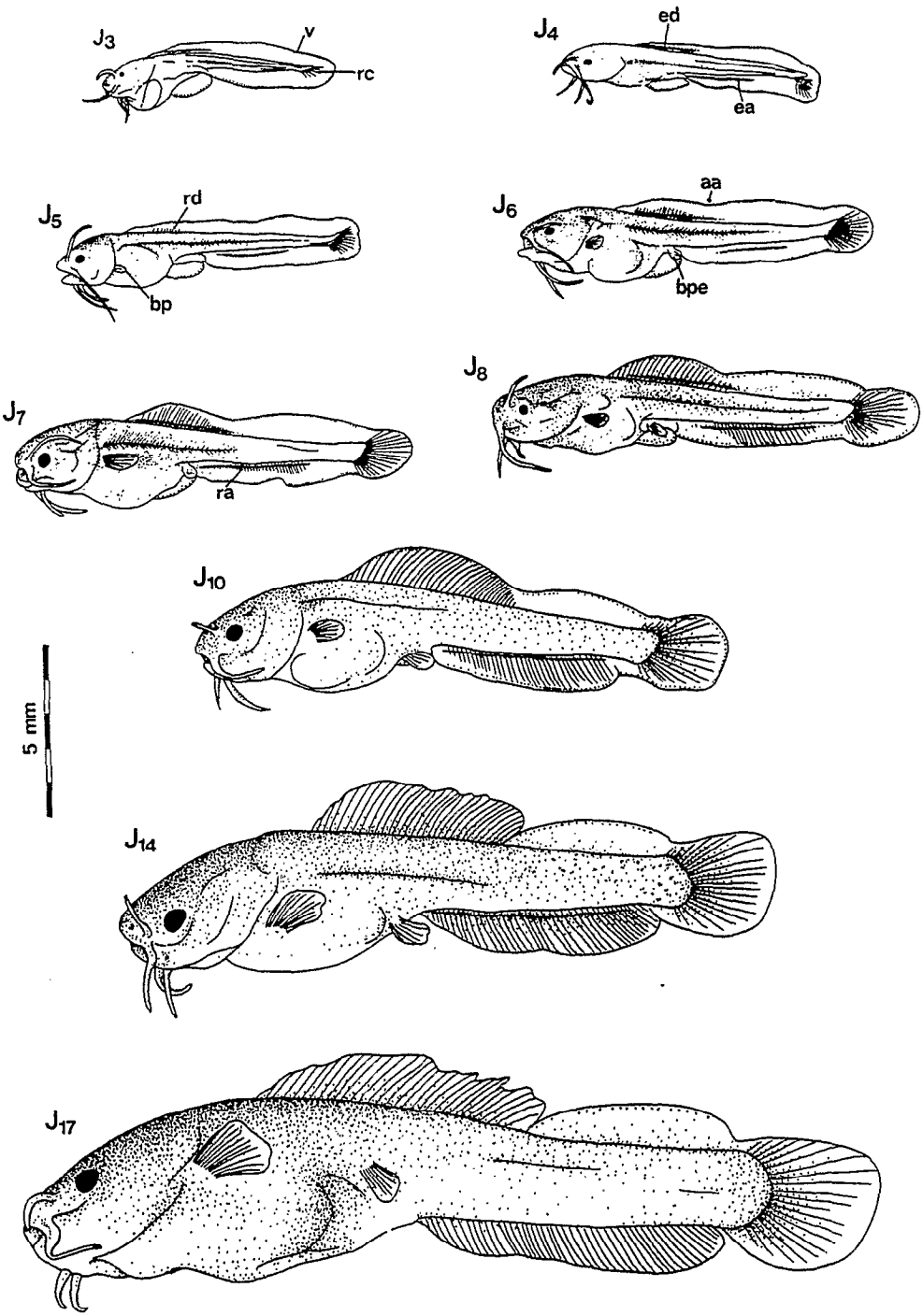


Figure 3. – Illustration de plusieurs stades du développement larvaire de *H. longifilis* jusqu'à l'âge de 17 jours. *aa.* amorce de la nageoire adipeuse; *bp.* bourgeon de la pectorale; *bpe.* bourgeon de la pelvienne; *ea.* ébauche des rayons de l'anale; *ed.* ébauche des rayons de la dorsale; *ra.* rayons de l'anale; *rc.* rayons de la caudale; *rd.* rayons de la dorsale; *v.* vésicules.

Different stages in the larval development of H. longifilis. aa. *beginning of the adipose fin;* bp. *pectoral fin bud;* bpe. *pelvic fin bud;* ea. *rudimentary anal fin rays;* ed. *rudimentary dorsal fin rays;* ra. *anal fin rays;* rc. *caudal fin rays;* rd. *dorsal fin rays;* v. *vesicles.*

Le onzième jour (J10; 13,4-15,3 mm LT), un début de séparation est observé entre la nageoire adipeuse et la nageoire caudale, et entre la caudale et l'anale. Le nombre de rayons à la nageoire dorsale est d'environ 30. Les vésicules situées sur le bord extérieur de la nageoire caudale se concentrent à l'extrémité des rayons. Les mélanophores sur le dessus de la tête et sur le dos sont tellement nombreux qu'ils deviennent jointifs.

Le treizième jour (J12; 16,3-18,3 mm LT), les poissons présentent déjà un aspect général proche de celui de l'adulte. La dorsale rayonnée (30 à 32 rayons) et l'adipeuse sont bien distinctes. Les échancrures entre l'adipeuse et la caudale, et entre la caudale et l'anale, deviennent de plus en plus marquées.

Le quinzième jour (J14; 16,6-18,6 mm LT), toutes les nageoires paires sont entièrement individualisées ou presque. Le nombre de rayons à la nageoire dorsale ne dépasse pas 33.

Les dernières observations ont été effectuées le dix-huitième jour après l'éclosion (J17). A ce stade, les poissons ont acquis la morphologie définitive de l'adulte. La longueur totale est de 18,8 à 24,2 mm et la différence de taille entre les individus devient de plus en plus importante. Les épines neurales des vertèbres situées derrière le dernier rayon de la nageoire dorsale s'étendent jusqu'à la base de la nageoire adipeuse. Ultérieurement, ces épines, poursuivant leur croissance, parviendront jusqu'au bord extérieur de la nageoire adipeuse (Teugels, 1983).

Comparaison avec Clarias gariepinus

Plusieurs stades du développement larvaire de *C. gariepinus* sont illustrés dans la *figure* 4.

Aucune différence notable n'a été observé dans le développement des oeufs de *Heterobranchus longifilis* et de *Clarias gariepinus* jusqu'à éclosion. Le jour de l'éclosion, les larves présentent aussi une taille et une morphologie très voisines et aucun critère distinctif n'a pu être identifié. Dans les jours qui suivent, la principale différence entre les deux espèces tient à la pigmentation et en particulier à la forme des mélanophores. Dès le deuxième jour (J1), la plupart des mélanophores présents sur le dessus de la tête chez *C. gariepinus* apparaîssent comme de larges étoiles à branches courtes. Chez *H. longifilis* en revanche, la majorité des mélanophores sont plus contractés, en forme de petits grains finement étoilés. Vers le cinquième jour (J4), les mélanophores présentent des formes diverses chez *H. longifilis*; certains deviennent jointifs. Néanmoins, la pigmentation reste beaucoup plus fine pour cette espèce, ce qui rend les spécimens plus clairs que ceux de *C. gariepinus*. Outre cette différence de pigmentation, le développement larvaire des deux espèces est très similaire jusqu'au sixième jour. A ce moment, *C. gariepinus* a déjà de 11 à 23 rayons à la dorsale (contre 9 à 12 chez *H. longifilis*). A partir du sixième jour, les différences de tailles entre individus deviennent beaucoup plus importantes chez *C. gariepinus* que chez *H. longifilis*, qui semble avoir une croissance plus homogène.

Le septième jour (J6), le creusement entre la nageoire dorsale et l'adipeuse, tel qu'il a été observé chez *H. longifilis* n'apparaît pas chez *C. gariepinus*. Le nombre d'ébauches de rayons dorsaux est nettement plus élevé chez cette espèce (jusqu'à 23). Le huitième jour, ce nombre varie déjà entre 40 et 50 chez *C. gariepinus*. Il augmente jusqu'à environ 70 vers le dix-huitième jour (J17). Les épines neurales prolongées, présentes chez *H. longifilis* dès l'instant où la nageoire adipeuse commence à s'individualiser, ne sont jamais observées chez *C. gariepinus* (*fig.* 5).

Influence de la température sur l'éclosion

La gamme des températures testées dépasse les limites de tolérance des oeufs de *H. longifilis* et, aux deux températures extrêmes (21 et 36°C), aucune éclosion n'est observée.

Les cinétiques de blanchiment et d'éclosion des oeufs aux différentes températures d'incubation sont remarquablement voisines pour les quatre femelles utilisées (*fig.* 6). La période de mortalité maximale est fonction de la température d'incubation. Le blanchiment de la grande majorité des oeufs s'effectue entre 8 et 18 h à 21°C, 6 et 10 h à 25°C, 5 et 8 h à 29°C, 3 et 8 h à 33°C, et 3 et 5 h à 36°C. Le nombre des oeufs blancs reste ensuite quasiment constant. Les observations ont montré que le blanchiment correspond à une rupture de la membrane vitelline, provoquant une échappée puis une précipitation du vitellus dans l'espace périvitellin (*fig.* 7).

A 29°C, le blanchiment des ovules dans les lots non fécondés intervient aussi après 5 à 8 h (*fig.* 6). Ceci indique que dans les lots fécondés et incubés à 29°C, les oeufs blancs peuvent correspondre aussi bien à des ovules non fécondés qu'à des oeufs ayant avortés en phase de gastrulation (*tabl.* 1), aucun critère ne permettant *a posteriori* de distinguer ces deux situations. Après 18 h d'incubation à 21°C, soit à l'issue de la période de mortalité maximale (*fig.* 6), la faible proportion d'oeufs encore vivants se trouve également en cours de gastrulation. Cette étape du développement apparaît donc comme particulièrement critique. A cette température, les embryons les plus résistants n'ont pas dépassé le stade de formation des premiers somites.

Dans les limites de tolérance thermique des oeufs, la vitesse du développement embryonnaire augmente avec la température (*fig.* 8). La relation entre la température (T) et la durée d'incubation moyenne conduisant à 50 % des éclosions (D en heures) est : $D = 34\,724\ T^{-2.20}$ ($r = 0.99$). Pour une même température, une forte asynchronie est constatée dans l'éclosion des oeufs (*fig.* 8). La durée totale de l'éclosion correspond à environ 23 % de la durée d'incubation moyenne, cette proportion étant indépendante de la température d'incubation.

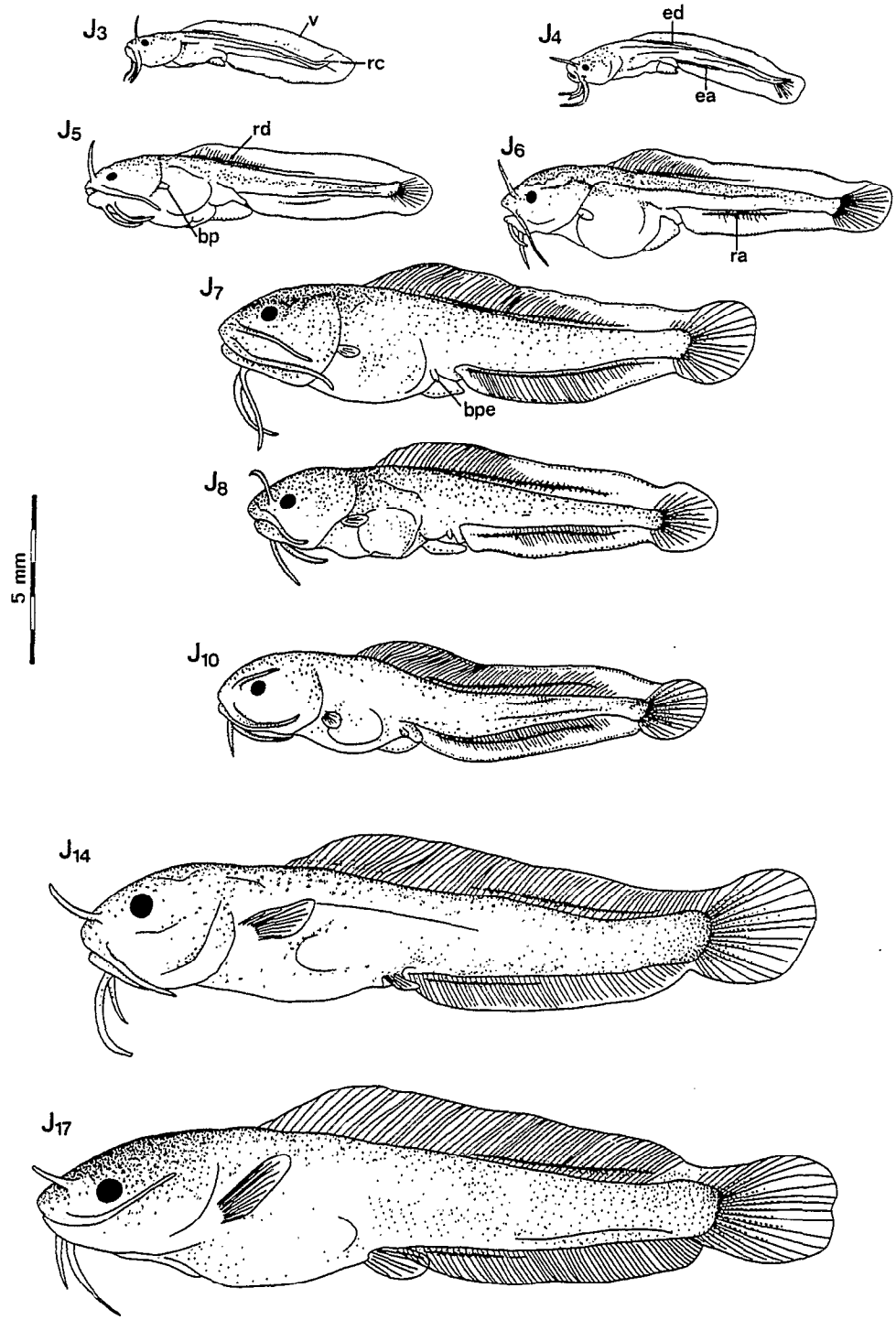


Figure 4. – Illustration de plusieurs stades du développement larvaire de *C. gariepinus* jusqu'à l'âge de 17 jours. Pour l'explication des abréviations, voir la légende de la *figure* 3.

Different stages in the larval development of C. gariepinus *up to* 17 *days of age. For the explanation of the abbreviations see text to* figure 3.

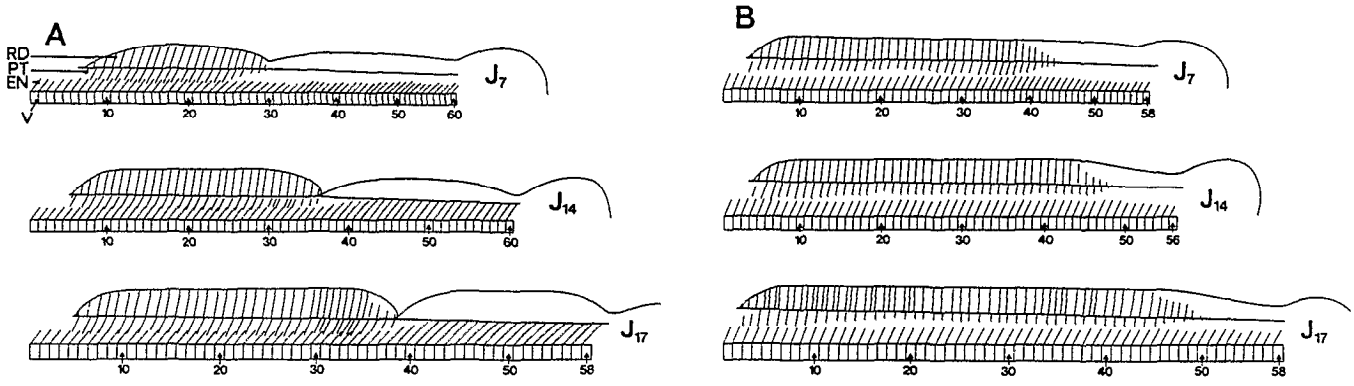


Figure 5. – Schéma illustrant différents stades (J7, J14 et J17) du développement ostéologique de la région dorsale chez *H. longifilis* (*A*) et chez *C. gariepinus* (*B*). *EN*, épines neurales; *PT*, ptérygiophores; *RD*, rayons dorsaux; *V*, vertèbres.

Schematic illustration of different stages (days 7, 14 and 17) in the osteological development of the dorsal region in H. longifilis (A) *and* C. gariepinus (B). EN, *neural spines;* PT, *pterygiophores;* RD, *dorsal fin rays;* V, *vertebrae.*

Excepté pour les lots incubés à 21 et 36°C où l'éclosion est nulle, les pourcentages d'éclosion moyens obtenus aux différentes températures d'incubation sont tous supérieurs à 75 % (*fig.* 9). L'éclosion est cependant plus faible à 33°C qu'à 25°C, 29°C ou à température ambiante ($p<0,05$). De plus, à 33°C, un accroissement très hautement significatif ($p<0,001$) est constaté dans la proportion des larves déformées. Les difformités observées consistent le plus souvent en un raccourcissement ou une torsion de la partie postérieure des larves.

DISCUSSION

Une accélération du développement embryonnaire avec l'augmentation de la température d'incubation des oeufs est un phénomène très général chez les poissons, décrit chez de nombreuses espèces (Braum, 1978; Woynarovich et Horvath, 1980; Herzig et Winkler, 1986; Marangos *et al.*, 1986; Wallace et Heggberget, 1988; Rana, 1990). C'est également le cas chez *H. longifilis*, pour lequel on note en outre une forte asynchronie des éclosions au sein d'un même lot d'oeufs. Ainsi, le délai séparant la fécondation de l'éclosion est compris entre 26 et 33 h à 25°C et entre 14 et 18 h à 33°C.

Chez cette espèce, les limites inférieure et supérieure de tolérance des oeufs à la température sont relativement proches; elles se situent entre 22 et 24°C et entre 34 et 35°C respectivement, aucune éclosion n'étant obtenue à 21°C comme à 36°C. L'optimum thermique qui conduit aux pourcentages d'éclosion les plus élevés, se situe entre 25 et 29 °C. A 33 °C, la moins bonne éclosion et la forte élevation constatée dans la proportion des larves déformées indiquent qu'un développement embryonnaire anormal constitue une étape intermédiaire entre deux situations extrêmes, bonne éclosion et absence d'éclosion. L'existence d'une relation inverse entre pourcentages d'éclosion et proportions de larves déformées a aussi été mise en évidence chez différentes espèces, dont *H. longifilis*, en fonction du vieillissement des ovules après l'ovulation (Hogendoorn et Vismans, 1980; Fortuny *et al.* 1988; Legendre et Otémé, en préparation). Une forte occurrence de difformités larvaires peut donc aussi bien résulter d'une médiocre qualité initiale des ovules que de conditions environnementales d'incubation défavorables. Dans le cas présent, tous les ovules utilisés ont été collectés et fécondés juste après l'ovulation.

Dans cette étude, les oeufs provenaient de femelles élevées dans une eau de température comprise entre 28 et 32°C. De ce fait, il se pourrait que l'absence d'éclosion observée à 21°C soit la conséquence d'un choc thermique appliqué aux oeufs et n'ait pas une valeur de limite absolue pour l'espèce. Il est cependant remarquable que l'optimum thermique identifié ici pour l'incubation, corresponde de manière étroite aux températures de l'eau relevées dans différentes localités lors de la saison de reproduction naturelle de *Heterobranchus* (Daget, 1954; Motwani, 1970; Micha, 1973).

La gamme de températures favorables au développement des oeufs de *H. longifilis* apparaît plus étroite que celle enregistrée pour *C. gariepinus* (19 à 30°C au moins; Bruton, 1979). Cette meilleure tolérance des oeufs de *C. gariepinus* aux « basses » températures peut être logiquement mise en relation avec une aire de répartition géographique plus large chez cette espèce (de l'Afrique du Sud au sud de la Turquie; Teugels, 1986) que chez *H. longifilis* dont la présence est limitée à la zone intertropicale de l'Afrique (Teugels *et al.*, 1990).

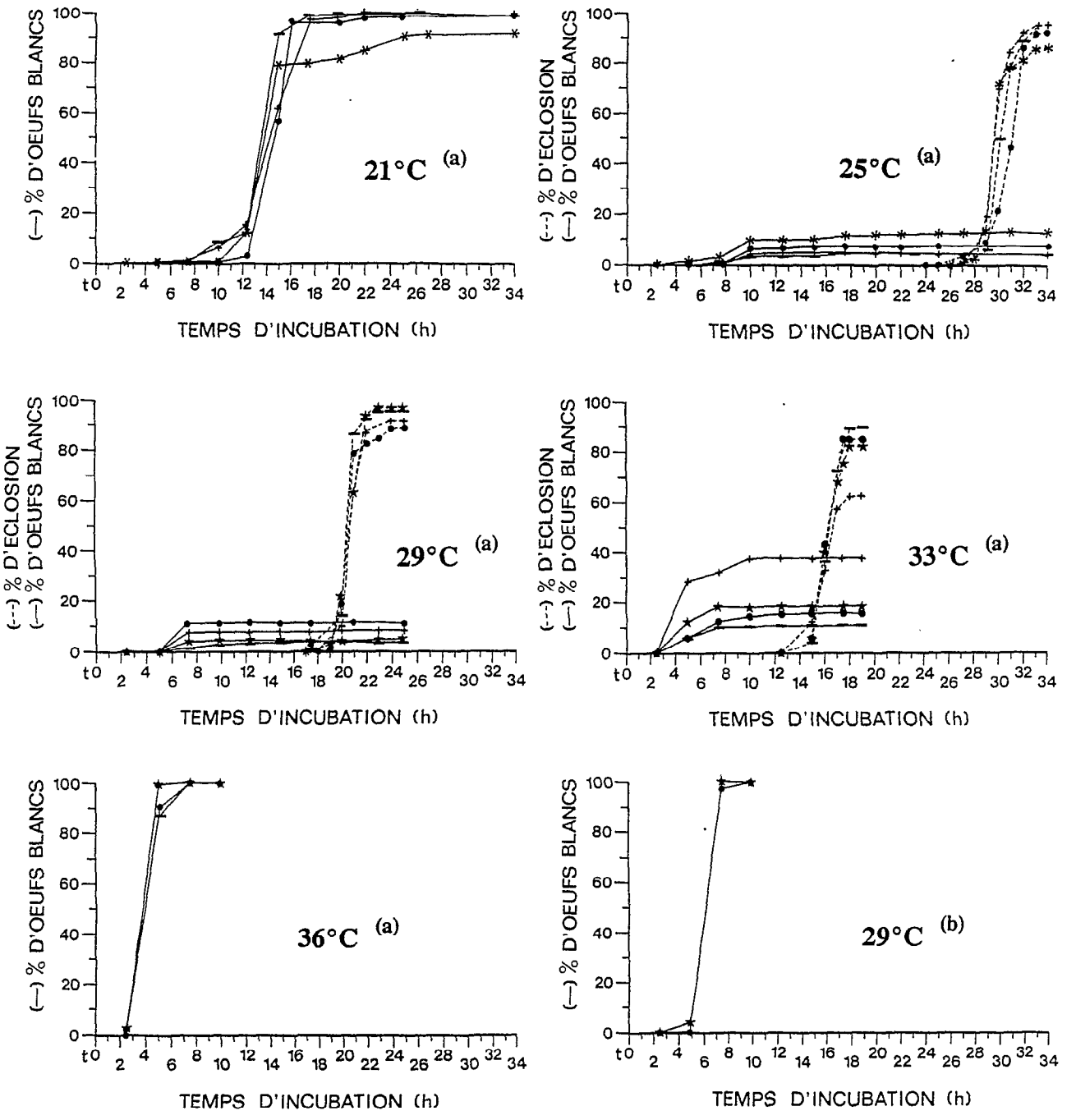


Figure 6. – Cinétiques individuelles de blanchiment et d'éclosion (pourcentages cumulés) des oeufs incubés à différentes températures chez quatre femelles de *H. longifilis*. *to* : fécondation ou transfert en eau douce pour les ovules non fécondés. (*a*), oeufs fécondés ; (*b*), ovules non fécondés.

Individual kinetics of white eggs appearance and hatching (cumulated percentages) for eggs of four females of H. longifilis *incubated at different temperatures.* to: *fertilization or transfer to freshwater for unfertilized eggs.* (a), *fertilized eggs;* (b), *unfertilized eggs.*

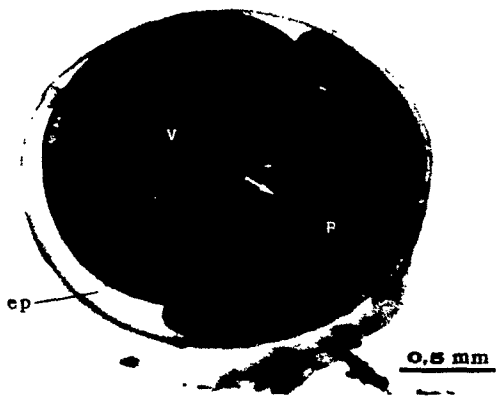


Figure 7. – Ovule en cours de blanchiment. Après rupture de la membrane périvitelline, le vitellus (*v*) s'échappe et précipite (*p*) dans l'espace périvitellin (*ep*).

Egg in course of whitening process. After breaking of the vitelline membrane, the yolk (v) *escapes and precipitates* (p) *within the perivitelline space* (ep).

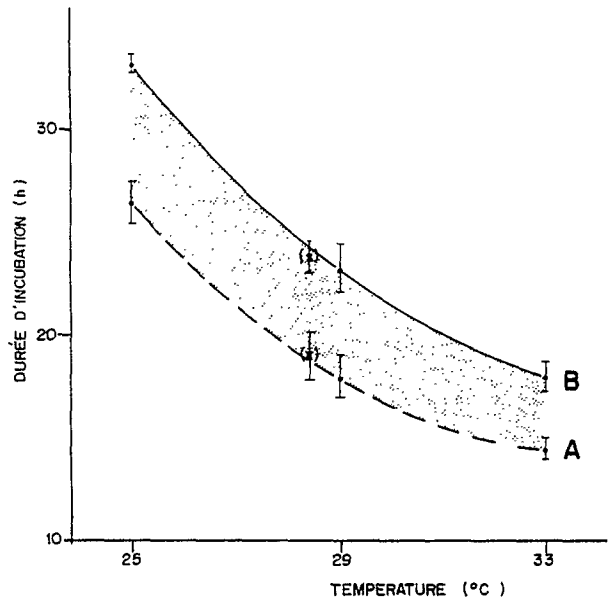


Figure 8. – Durée de l'incubation des oeufs de *H. longifilis* en fonction de la température de l'eau. *A*, début des éclosions; *B*, fin des éclosions. Moyennes (±I.C. à 95 %) de 4 observations. (×): observations à une température ambiante de 27-29°C (moyenne 28,3°C).

Duration of incubation for H. longifilis *eggs in relation to water temperature.* A, *beginning of hatching*, B, *end of hatching. Means* (± *confidence interval at* 95%) *for* 4 *observations.* (×): *observations at ambient temperature of* 27-29°C (*mean* 28.3°C).

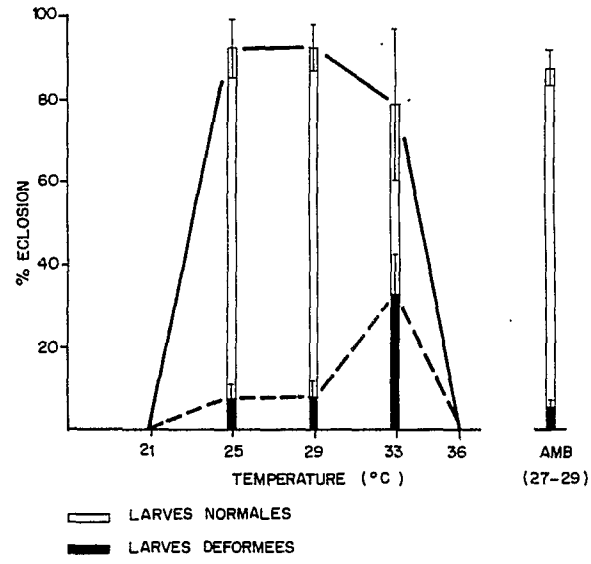


Figure 9. – Proportions de larves normales et de larves déformées obtenues après éclosion des oeufs de *H. longifilis* incubés à différentes températures. Moyennes (±I.C. à 95 %) de 4 observations. AMB : température ambiante de 27-29°C (moyenne 28,3°C).

Proportions of normal larvae and deformed larvae obtained after hatching of H. longifilis *eggs incubated at different temperature. Means* (± *confidence interval at* 95%) *for* 4 *observations. AMB: ambient temperature of* 27-29°C (*mean* 28.3°C).

Les deux espèces montrent en revanche une très grande analogie dans leur développement embryonnaire. Leurs oeufs sont munis d'un large disque adhésif et ont une taille équivalente. A une même température, la durée de l'incubation est similaire et, la taille et la morphologie des larves à l'éclosion sont également très voisines (Legendre *et al.*, 1991). Les développements larvaires de *H. longifilis* et de *C. gariepinus* se ressemblent également beaucoup. En fait, à l'exception de la différence dans la formation des nageoires dorsale et adipeuse, nous n'avons pu indiquer d'autres critères dans le développement qui permettent de distinguer nettement les deux espèces. Les premies stades se déroulent de façon presque identique pour les deux espèces, jusqu'au moment de l'apparition du creusement dans la nageoire larvaire (J6) qui marquera le bord postérieur de la nageoire dorsale rayonnée chez *H. longifilis*. Contrairement à la situation retrouvée dans l'ontogenèse de beaucoup d'espèces de poissons pourvues d'une dorsale rayonnée, ce creusement n'apparaît pas chez *C. gariepinus*. Chez cette espèce, la bande cartilagineuse qui mènera à la formation des rayons, se prolonge vers l'arrière jusqu'au niveau de la base de la nageoire caudale. C'est ainsi que la nageoire dorsale devient très allongée, un caractère considéré comme une autapomorphie par Howes (1985). Chez

H. longifilis, la partie de la nageoire larvaire située entre le creusement et la partie caudale, formera une grande nageoire adipeuse, et sa taille ne diminuera que peu ou pas. L'apparition d'épines neurales prolongées est un caractère unique pour les Clariidae pourvus de nageoire adipeuse (Teugels, 1983).

RÉFÉRENCES

Aprieto V. L., 1976. Early development of the common catfish *Clarias macrocephalus* Günther reared in the laboratory (Pisces, Clariidae). *Fish Res. J. Philipp*, **1**, 30-42.

Balon E. K., 1984*a*. Patterns in the evolution of reproductive styles in fishes. *In:* G. W. Potts and R. J. Wootton eds., Fish reproduction – Strategies and tactics. Academic Press, London, p. 35-53.

Balon E. K., 1984*b*. Reflections on some decisive events in the early life of fishes. *Trans. Am. Fish. Soc.*, **113**, 178-185.

Braum E., 1978. Ecological aspects of the survival of fish eggs, embryos and larvae. *In:* D. Gerking ed., Ecology of freshwater fish production. Blackwell, Oxford, 177-252.

Bruton M. N., 1979. The breeding biology and early development of *Clarias gariepinus* (Pisces; Clariidae) in Lake Sibaya, South Africa, with a review of breeding in species of the subgenus *Clarias* (*Clarias*). *Trans. Zool. Soc. Lond.*, **35**, 1-45.

Cambray J. A., G. G. Teugels, 1988. Selected annotated bibliography of early developmental studies of African freshwater fishes. *Ann. Cape Prov. Mus.*, **18**, 31-56.

Daget J., 1954. Les poissons du Niger supérieur. Mém. I.F.A.N., No. **36**, 391 p.

Eding E. H., J. A. L. Janssen, G. H. J. Kleine Staarman, C. J. J. Richter, 1982. Effects of human chorionic gonadotropin (HCG) on maturation and ovulation of oocytes in the catfish Clarias lazera (C. & V.). *In:* C. J. J. Richter, H. J. Th. Goos eds., Proc. Int. Symp. on reproductive Physiology of Fish, PUDOC, Wageningen, p. 195.

Fortuny A., A. Espinach Ros, V. G. Amutio, 1988. Hormonal induction of final maturation and ovulation in the Sabalo, *Prochilodus platensis* Holmberg: Treatments, latency and incubation times and viability of ovules retained in the ovary after ovulation. *Aquaculture*, **73**, 373-381.

Hem S., 1982. L'aquaculture en enclos : adaptation au milieu lagunaire ivoirien. *Aquaculture*, **27**, 261-272.

Herzig A., J. Winkler, 1986. The influence of temperature on the embryonic development of three cyprinid fishes, *Abramis brama*, *Chalcalburnus chalcoides mento* and *Vimba vimba*. *J. Fish Biol.*, **28**, 171-181.

Hogendoorn H., M. M. Vismans, 1980. Controlled propagation of the African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.). II. Artificial reproduction. *Aquaculture*, **21**, 39-53.

Howes G. J., 1985. The phylogenetic relationships of the electric catfish family Malapteruridae (Teleostei: Siluroidei). *J. Nat. Hist.*, **19**, 37-67.

Janssen J., 1985. Elevage du poisson-chat africain *Clarias lazera* (Cuv. & Val., 1840) en République Centrafricaine. II. Alevinage en écloserie. FAO, Proj. GCP/CAF/007/NET, Doc. Techn. No. **21**, 31 p.

Legendre M., 1983. Examen préliminaire des potentialités d'un silure africain *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840) pour l'aquaculture en milieu lagunaire. *Doc. Sci. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, **14**, 97-107.

Legendre M., 1986. 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., 1991. Bilan des premiers essais d'élevage d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Clariidae), en milieu lagunaire (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). Atelier International sur la Recherche Aquacole en Afrique, nov. 1988, Bouaké, Côte d'Ivoire. Compte rendus du Centre de Recherches pour le Développement International (CRDI), Ottawa, Canada, (sous presse).

Legendre M., Z. Otémé, en préparation. Influence du temps de latence après induction hormonale de l'ovulation sur la quantité et la qualité des ovules récoltés chez le silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Clariidae).

Legendre M., G. G. Teugels, C. Cauty, B. Jalabert, 1991. A comparative study on morphology, growth rate and reproduction of *Clarias gariepinus*, *Heterobranchus longifilis* and their reciprocal hydrids (Pisces, Clariidae). *J. Fish Biol.*, (sous presse).

Marangos C., H. Yagi, H. J. Ceccaldi, 1986. Rôle de la température et de la salinité sur le taux de survie et la morphogenèse au cours du développement embryonnaire chez les oeufs du loup de mer *Dicentrarchus labrax* (Linnaeus, 1758) (Pisces, Teleostei, Serranidae). *Aquaculture*, **54**, 287-300.

Micha J. C., 1973. Etude des populations piscicoles de l'Ubangui et tentatives de sélection et d'adaptation de quelques espèces à l'étang de pisciculture. Centre Technique Forestier Tropical, Paris, 110 p.

Mollah M. F. A., E. S. P. Tan, 1982. Effects of incubation temperature on the hatching of the catfish (*Clarias macrocephalus* Günther) eggs with an illustration on the larval stages, *Malay. Nat. J.*, **36**, 123-131.

Motwani M. P., 1970. Report to the Government of Nigeria on the fishery investigations on the Niger and Benue rivers in the Northern region and development of a program of riverine fishery management and training. FAO Fish. UNDP (TA) Rep No. **2771**, 196 p.

Rana K. J., 1990. Influence of incubation temperature on *Oreochromis niloticus* (L.) eggs ans fry. I. Gross embryology, temperature tolerance and rates of embryonic development. *Aquaculture*, **87**, 165-181.

Taylor W. R., G. C. Van Dyke, 1985. Revised procedures for staining and clearing small fishes and other vertebrates for bone and cartilage study. *Cybium*, **9**, 107-119.

Teugels G. G., 1982. Preliminary results of a morphological study of the African species of the subgenus *Clarias* (*Clarias*) (Pisces, Clariidae). *J. Nat. Hist. Lond.*, **16**, 439-464.

Teugels G. G., 1983. La structure de la nageoire adipeuse dans les genres *Dinotopterus*, *Heterobranchus* et *Clarias* (Pisces ; Siluriformes ; Clariidae). *Cybium*, 7, 11-14.

Teugels G. G., 1986. A systematic revision of the African species of the genus *Clarias* (Pisces, Clariidae). *Ann. Mus. Roy. Afr. Centr.*, No. **247**, 199 p.

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.

Thakur N. K., 1980. Notes on the embryonic and larval development of an air-breathing catfish *Clarias batrachus* (Linn.). *J. Inland Fish. Soc. India*, **12**, 40-43.

Wallace J. C., T. G. Heggberget, 1988. Incubation of eggs of Atlantic salmon (*Salmo salar*) from different Norwegian streams at temperatures below 1°C. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, **45**, 193-196.

Woynarovitch E., L. Horvath, 1980. The artificial propagation of warm-water finfishes. A manuel for extension. *FAO Fish. Tech. Pap.*, No. **201**, 183 p.

Zaki M. I., A. Abdula, 1983. The reproduction and development of *Clarias gariepinus* (Clariidae) from Lake Manzala (Egypt). *J. Ichtyol.*,**23**, 48-58.

LEGENDRE M. et TREBAOL L., 1991.

Efficacité de l'incubation buccale et fréquence de ponte de Sarotherodon melanotheron en milieu d'élevage (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire).

In : Proceedings of the 3th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 11-16 nov. 1991, Abidjan, Côte d'Ivoire. ICLARM/CRO, (texte provisoire).

EFFICACITE DE L'INCUBATION BUCCALE ET FREQUENCE DE PONTE DE *SAROTHERODON MELANOTHERON* (RUPPEL, 1852) EN MILEU D'ELEVAGE (LAGUNE EBRIE, COTE D'IVOIRE).

M. LEGENDRE et L. TREBAOL

Centre de Recherches Océanographiques, BP V18,
Abidjan Côte d'Ivoire

Adresse actuelle : ORSTOM, BP 5045,
34032 Montpellier cedex, France.

RESUME

Chez *S. melanotheron*, l'efficacité de l'incubation buccale et la fréquence des pontes sont deux paramètres importants à prendre en compte pour la gestion pratique des stocks de géniteurs en captivité. Pour cette espèce où le mâle pratique l'incubation buccale, le nombre d'oeufs ou d'alevins incubés est corrélé positivement au poids des mâles (étude effectuée sur une population élevée en enclos lagunaire). Le succès de cette incubation est discutée en relation avec la fécondité des femelles, le volume de la cavité buccale des mâles, le stade de développement des alevins incubés et le rapport des tailles entre mâle et femelle lors de l'appariement des couples.

La fréquence des pontes a été étudiée en bassins cimentés avec des couples isolés et des familles de sex-ratio variable. Un sex ratio déplacé en faveur des mâles n'augmente pas significativement la fréquence de ponte, alors qu'un sex ratio déplacé en faveur des femelles la diminue fortement. Le sex ratio le plus favorable à la production d'alevins de *S. melanotheron* en captivité est de une femelle pour un mâle. Dans cette dernière situation, l'intervalle de temps moyen séparant deux pontes successives est généralement compris entre 10 et 16 jours. Sur la base des observations réalisées sur de longues périodes (174 à 587 jours) à partir des couples isolés, une estimation de la prolificité annuelle de l'espèce est effectuée.

INTRODUCTION

Contrairement à ce que l'on observe pour la majorité des autres espèces de poissons exploitées en pisciculture, la reproduction des tilapias s'effectue spontanément et à un rythme soutenu en captivité. Afin d'être en mesure de gérer efficacement cette reproduction et de planifier la production d'alevins pour la pisciculture, la prolificité de chaque espèce doit être connue. Une fois la maturité sexuelle atteinte, celle-ci dépend du nombre d'alevins issus de chaque ponte et de l'intervalle de temps séparant deux pontes successives.

Chez les incubateurs buccaux - genres *Oreochromis* et *Sarotherodon* - le nombre d'alevins issus de chaque ponte est lui même fonction de deux composantes, la fécondité des femelles et le succès de l'incubation buccale (Welcomme, 1967; Marshall, 1979). Ce dernier point paraît d'autant plus important à prendre en compte lorsque, comme chez *Sarotherodon melanotheron*, l'incubation est pratiquée par le mâle. Dans ce cas, la cavité buccale peut avoir un volume limitant pour la reprise en bouche de la ponte et pour le développement de la progéniture après l'éclosion (Aronson, 1949).

Dans la présente étude, le succès de l'incubation est étudiée, chez *S. melanotheron*, en relation avec la fécondité des femelles, le volume de la cavité buccale des mâles, le stade de développement des alevins incubés et le rapport des tailles entre mâle et femelle lors de l'appariement des couples. La fréquence des pontes est suivie en bassins cimentés avec des couples isolés et des familles de sex-ratio variable. Sur la base de ces observations, une estimation de la prolificité annuelle de *S. melanotheron* est effectuée.

Chez cette espèce, contrairement aux autres tilapias incubateurs buccaux, le comportement de protection parentale s'achève brutalement avec la libération des alevins en fin de résorption vitelline; ceux-ci deviennent alors définitivement autonomes (Aronson, 1949; Lowe-McConnell, 1955).

Une partie des résultats rapportés dans cette étude ont été présentés antérieurement par Legendre et Ecoutin (1989).

MATERIEL ET METHODES

Les observations ont été réalisées à la station de pisciculture expérimentale de Layo, située à 40 km à l'ouest d'Abidjan dans une région oligo- mesohaline de la lagune Ebrié (Côte d'Ivoire). Sur cette station, les extrêmes saisonniers de la salinité lagunaire sont de 0 et 10 $g.l^{-1}$. La température mensuelle moyenne de l'eau fluctue entre 28 et 32 °C et le pH est généralement compris entre 6,5 et 7,5.

Incubation buccale

La fécondité des femelles et le nombre d'oeufs ou d'alevins incubés par les mâles ont été étudiés sur une population de *S. melanotheron* de tailles variées, élevés dans un enclos lagunaire de 625 m^2, avec une densité initiale d'empoissonnement de 5 individus par m^2. Les poissons ont été nourris avec un aliment granulé à 31 % de protéines brutes, distribué à raison d'une ration journalière fixée à 5 % de la biomasse des poissons.

Les modalités d'étude de la fécondité ont été décrites précédemment par Legendre et Ecoutin (1991).

Les mâles incubateurs (n = 127), identifiés sous l'eau avec un équipement de plongée par leur poche caractéristique sous la mâchoire inférieure, ont été capturés individuellement avec une épuisette et rapidement placés dans une cuvette, où la progéniture était généralement crachée immédiatement.

Les mâles ont alors été sacrifiés, pesés au gramme près et leur estomac disséqué afin de dénombrer la progéniture éventuellement avalée durant la capture. Pour certains, le volume buccal a été déterminé par remplissage total de la cavité buccale avec une pâte silicone, selon une méthode voisine de celle décrite par Drenner (1972). Après durcissement, extraction et nettoyage des moulages internes ainsi obtenus, leur volume a été mesuré directement par déplacement de l'eau dans une éprouvette graduée.

Les oeufs et les alevins ont été conservés dans une solution de formol à 4 % et comptés individuellement. Six stades arbitraires, aisément distinguables à l'oeil nu, ont été considérés pour caractériser l'état de développement de chaque portée (tabl. 1). Le volume moyen des oeufs ou des alevins a été déterminé sur des lots de 50 individus dans une éprouvette graduée et le volume total de la portée calculé par le produit : effectif incubé x volume moyen des alevins.

Fréquence des pontes

- Couples isolés

La fréquence de ponte, ou intervalle de temps séparant deux pontes successives, a été étudiée dans un premier temps sur 4 couples placés chacun dans un bassin en béton (4 m^2 pour 0,5 m de hauteur en eau) alimenté en eau de lagune. Ces couples, constitués de géniteurs de taille variable (entre 120 et 270 g) et nourris avec un aliment à 31 % de protéines brutes (ration de 3 % par jour), ont été suivis sur une période comprise entre 174 et 587 jours. Tous les 7 jours, les bassins étaient vidangés et les pontes enregistrées. Les oeufs ou les alevins vésiculés étaient extraits de la bouche des mâles et comptés individuellement. La date réelle de ponte était estimée sur la base du degré de développement de la progéniture collectée. Dans tous les cas, celle-ci était retirée des bassins.

- familles de géniteurs

Dans une seconde expérience, réalisée dans des conditions de maintenance des poissons analogues à celles décrites pour les couples isolés, la fréquence des pontes a été comparée sur une période de 76 jours au sein de familles composées de 10 individus de poids voisins (200 à 230 g), avec un sex ratio variable : 5 femelles et 5 mâles; 9 femelles et 1 mâle; 1 femelle et 9 mâles (deux répétitions par traitement). Deux couples supplémentaires, placés chacun dans un bassin en béton, ont été suivis durant la même période. Tous les 7 jours, tous les bassins étaient vidangés et les poissons avec des oeufs en bouche, dénombrés. A plusieurs reprises, il est arrivé que des oeufs soit crachés par les poissons incubateurs pendant la vidange, ces oeufs étaient alors immédiatement l'objet d'un intense cannibalisme par les congénères présents dans le bassin. Pour cette raison, le nombre des oeufs produits dans les familles constituées n'a pas été déterminé. Ce problème ne s'est pas posé dans le cas des couples isolés, la capture des poissons étant plus aisée et plus rapide. En fin d'expérience, tous les individus ont été sacrifiés pour examen macroscopique des gonades.

RESULTATS ET DISCUSSION

Efficacité de l'incubation buccale

Sur les 127 mâles échantillonnés, 30 % avaient avalé une partie de leur progéniture durant la capture. Ceci indique que l'estomac des poissons doit être systématiquement examiné pour avoir une estimation exacte des effectifs incubés. L'un des mâles avait ainsi ingéré près de la moitié de sa portée (207 individus nouvellement éclos). Néanmoins, dans la majorité des cas, le nombre des oeufs trouvés dans les estomacs n'excède pas 5 % de l'effectif total de la portée.

Une relation linéaire positive ($r = 0,793$) est observée entre le nombre d'oeufs ou d'alevins incubés et le poids des mâles incubateurs (fig. 1). Les droites de régression entre, d'une part, l'effectif incubé et le poids de mâles et, d'autre part, la fécondité et le poids des femelles ont été statistiquement comparées par une analyse de covariance. Aucune différence n'a été trouvée entre les pentes; en revanche, les ordonnées à l'origine diffèrent significativement. Les deux droites de régression peuvent donc être considérées comme parallèles (fig. 1). Ce résultat indique l'existence d'un rapport préférentiel entre les tailles des mâles et des femelles lors de l'appariement des couples et suggère que ce préférundum doit être proche de l'égalité des tailles. La forte augmentation des effectifs incubés avec l'augmentation du poids des mâles montre en particulier que les plus gros mâles ne s'accouplent pas spontanément avec les plus petites femelles.

Lorsque l'on examine plus en détail les effectifs incubés en tenant compte du stade de développement de la portée (voir tabl. 1), on constate que la dispersion des nuages de points est similaire pour les oeufs et pour les alevins en fin de résoption vitelline (fig. 1), laissant supposer une

perte d'oeufs et d'alevins très limitée durant l'incubation. Ceci a été vérifié en calculant, pour chaque individu, le rapport (R) entre l'effectif réellement incubé et l'effectif estimé par le modèle général décrivant l'évolution de la taille moyenne de la portée en fonction du poids des mâles (fig. 1), soit : R = effectif observé/(2.29 P + 107.15). On constate (tabl. 2) que "R" reste proche de 1 quel que soit le stade de développement des oeufs et des alevins. Ceci confirme que la mortatilité embryonnaire doit être très réduite pendant la période d'incubation buccale chez *S. melanotheron*.

Pour *O. leucostictus* dont la femelle incube ses propres oeufs, Welcomme (1967) définit l'efficacité de l'incubation buccale comme le rapport (en %) entre l'effectif incubé (fertilité) et le nombre des oeufs initialement produits (fécondité).

Chez *S. melanotheron*, comme l'incubation est pratiquée par le mâle, le calcul de cette efficacité implique de faire une hypothèse sur les tailles respectives des mâles et des femelles lors de l'appariement des couples. Nous avons vu précédemment que le préférundum se situe vraisemblablement entre individus de tailles voisines. De ce fait, pour le calcul de l'efficacité de l'incubation buccale, trois hypothèses de formation des couples ont été considérées : 1) mâles et femelles de poids égaux, 2) mâles de poids supérieur d'un quart à celui des femelles, 3) mâles de poids inférieur d'un quart à celui des femelles.

Dans le cas n°1 (égalité des tailles), on constate (fig. 2) que l'efficacité d'incubation est minimale (60 %) lorsque le mâle est de petite taille (25 g). Elle augmente progressivement avec le poids du mâle jusque vers 150 g (75 % environ) et n'excède pas 80 % chez les mâles de 400 g.

Lorsque le mâle est légèrement plus gros que la femelle (cas n°2), l'efficacité de l'incubation est fortement améliorée et atteint une valeur théorique de 100 % pour des mâles de poids supérieurs à 300 g. A l'inverse, lorsque le poids du mâle est inférieur à celui de la femelle (cas n°3), l'efficacité de l'incubation est nettement diminuée et n'excède pas 65 % (fig. 2).

L'efficacité de l'incubation buccale chez *S. melanotheron* apparaît équivalente à celle observée chez *Oreochromis macrochir* (de 60 à 100 % selon la taille des femelles; Marshall, 1979) et nettement supérieure à celle rapportée pour *O. leucostictus* (jamais plus de 50 %; Welcomme, 1967). Il est toutefois à noter que ces deux études ont été réalisées sur des femelles incubatrices capturées à l'aide d'une senne en milieu naturel et que les oeufs et alevins éventuellement avalés n'ont pas été dénombrés. De ce fait, il est vraisemblable que les effectifs incubés par ces espèces aient été sous-estimés.

Le volume de la cavité buccale est liée au poids des mâles de *S. melanotheron* par une relation linéaire positive (r = 0,927; fig. 3). Lorsque cette relation est comparée à l'évolution du volume moyen des pontes produites en fonction de la taille des femelles (fig. 3), il apparaît que le volume buccal augmente plus vite avec la taille des mâles que le volume de la ponte n'augmente avec la taille des femelles. Le volume des pontes des femelles de moins de 100 g est peu différent du volume buccal des mâles de même poids. Le volume buccal moyen des mâles de poids inférieur à 50 g est trop limité pour permettre le développement complet d'une portée moyenne produite par une femelle de même poids. Seuls les mâles de plus de 150 g présentent un volume buccal toujours supérieur au volume

moyen des portées en fin de développement (fig. 3). De ce fait, il apparaît que lorsque l'appariement des couples se fait entre mâles et femelles de tailles équivalentes, le volume de la cavité buccale ne constitue véritablement un facteur limitant pour l'incubation que chez les mâles de poids inférieur à 150 g environ.

Le pourcentage d'occupation de la bouche des mâles par la portée (volume de la portée/volume de la cavité buccale x 100) a été déterminé pour une trentaine de mâles incubateurs de tailles différentes (fig. 4). Le pourcentage d'occupation buccale par la portée est plus important (40 à 90 % environ) chez les mâles de poids inférieurs à 150 g que chez les mâles plus gros pour lesquels ce pourcentage n'excède pas 60 %. Ces observations fournissent une explication satisfaisante au fait que l'efficacité de l'incubation buccale est moins bonne chez les mâles de poids inférieur à 150 g que pour les mâles de poids plus élevé (fig. 2). Elles tendent par ailleurs à confirmer que, dans une population d'individus de tailles hétérogènes, l'appariement des couples s'effectue préférentiellement entre mâles et femelles de tailles voisines. En effet, nous avons vu précédemment (fig. 1) que les plus gros mâles ne s'accouplent pas avec les plus petites femelles. Le fait que le pourcentage d'occupation buccale n'excède pas 60 % chez les mâles de plus de 150 g (fig. 4) confirme ici que les mâles ne s'accouplent pas non plus spontanément avec des femelles beaucoup plus grosses qu'eux.

Dans le milieu naturel (lagune Ebrié), où la taille de première maturation sexuelle est plus élevée que dans les conditions d'élevage (Legendre et Ecoutin, 1991), une meilleure efficacité de l'incubation buccale apparaît très probable. Le plus petit mâle mature observé en lagune présentait une longueur à la fourche de 148 mm (80 g), contre 105 mm (22 g) dans les conditions de l'élevage en enclos. Du fait du volume buccal limité des mâles de petite taille, le nanisme, ou la néotènie, observé en élevage devrait être sanctionné par une moins bonne valorisation des pontes unitaires des femelles en termes de rendement en alevins produits.

Fréquence de ponte et nombre d'oeufs collectés

Pour les couples isolés, l'intervalle de temps moyen séparant deux pontes successives est généralement compris entre 10 et 16 jours (tabl 3 et 4). Seul l'un des couples, constitué d'une grande femelle associée à un petit mâle a montré un intervalle moyen entre pontes plus élevé (25 jours; tabl. 3). Pour tous les couples confondus, les extrêmes observés dans l'intervalle entre deux pontes successives sont de 6 et 39 jours. Chez *S. melanotheron* élevé en bassins de 2 m^3, la fréquence de ponte apparaît donc très régulière en comparaison de celles observées chez d'autres espèces de tilapias, telles que *O. niloticus* ou *O. vulcani* (Mires, 1982). Pour *S. melanotheron*, élevé en aquarium, Aronson (1945) rapporte que l'intervalle de temps entre deux pontes successives varie entre huit jours et une année, mais avec un mode à 15 jours, ce dernier point étant en accord avec les présentes observations.

Le dénombrement systématique des portées pour chacun des couples suivis a montré que les cycles les plus courts (6 à 8 jours) ne s'accompagnent jamais d'une réduction notable dans les effectifs d'oeufs ou d'alevins produits, en comparaison de ceux obtenus lorsque l'intervalle de temps entre deux pontes est plus long. Ces cycles courts correspondent donc bien à une vitesse de

vitellogenèse accrue, conduisant à une ponte totale, et non à l'occurence de pontes partielles. D'une manière générale, l'intervalle de temps moyen séparant deux pontes successives apparaît plus court chez *S. melanotheron* (deux semaines environ) que pour les espèces d'*Oreochromis* étudiées (généralement 4 à 6 semaines; Baroiller et Jalabert, 1989). Pour ces dernières, on sait que la présence d'oeufs ou d'alevins dans la cavité buccale des femelles a un effet inhibiteur sur le développement des ovocytes (Smith et Haley, 1988). Chez *O. niloticus*, le prélèvement fréquent des oeufs en incubation constitue l'une des méthodes utilisées pour accroitre la fréquence des pontes et la production d'alevins (Verdegem et McGinty, 1987).

Le nombre moyen des oeufs collectés par ponte pour les différents couples observés varie entre 368 et 718 (tabl. 3). Ce nombre d'oeufs est étroitement dépendant de la taille des mâles utilisés et apparaît en revanche peu influencé par la fécondité des femelles. De fait, la relation décrite précédemment (fig. 1) entre l'effectif incubé et le poids des mâles apparaît tout à fait adaptée pour une utilisation prédictive de la production d'oeufs par les géniteurs de *S. melanotheron* en élevage (tabl. 3). Lorsque le poids des mâles utilisés (environ 200 g) est plus élevé que celui des femelles (environ 150 g), le nombre des oeufs collectés pour un couple varie entre 15000 et 23000 sur l'ensemble d'une année (tabl. 3). Il convient toutefois de noter que la fréquence de ponte de *S. melanotheron* en milieu lagunaire est plus élevée en saison sèche (2 à 3 pontes par mois) que durant la grande saison des pluies (1,5 pontes par mois; Legendre et Ecoutin, 1989).

En bassin de 2 m^3, la fréquence de ponte par femelle est identique avec un couple isolé ou avec une famille de 10 géniteurs de sex ratio équilibré (tabl. 4). La production annuelle d'oeufs dans une telle famille devrait pouvoir être estimée directement à partir du modèle prédictif reliant les effectifs incubés à la taille des mâles. Lorsque le sex ratio est fortement déplacé en faveur des mâles, l'intervalle de temps moyen entre les pontes, bien que légèrement inférieur, ne diffère pas significativement de celui obtenu avec les famille de sex ratio équilibré (tabl. 4). En revanche, lorsque le sex ratio est fortement déplacé en faveur des femelles, l'intervalle de temps entre deux pontes successives est considérablement allongé (50 jours en moyenne). L'examen macroscopique des gonades des femelles en fin d'expérience a montré que, dans 25 % des cas, les ovocytes en fin de vitellogenèse présents dans les ovaires étaient en complète atrésie. Ceci suggère que dans cette situation les femelles sont capables d'effectuer un cycle de vitellogenèse normal, mais que le défaut d'un nombre de mâle suffisant induit périodiquement la résorption totale des ovocytes prêts à être pondus. Il est également possible que dans cette situation la fréquence de ponte ait été sous estimée. En effet, 29 % des incubations observées étaient effectuées par les femelles (oeufs non fécondés), or on sait que les femelles ont une forte tendance à avaler rapidement les oeufs qu'elles incubent (Aronson, 1949).

Dans leur ensemble, ces résultats indiquent que le sex ratio le plus favorable à la production d'oeufs et d'alevins de *S. melanotheron* en captivité est de une femelle pour un mâle. Un sex ratio déplacé en faveur des mâles n'augmente pas significativement la fréquence de ponte, alors qu'un sex ratio déplacé en faveur des femelles la diminue fortement.

D'un point de vue pratique, le problème signalé précédemment, concernant le cannibalisme exercé sur les oeufs et alevins crachés par les poissons incubateurs pendant la vidange des bassins, indique que cette structure d'élevage se prête mal à une gestion des géniteurs telle que

celle pratiquée ici, avec collecte hebdomadaire de la progéniture. A l'avenir, ce problème devrait pouvoir être résolu en maintenant les poissons dans des structures de type "hapas", plus aisées à manipuler (Hugues et Behrends, 1983) et permettant une capture rapide et simultanée de tous les géniteurs.

CONCLUSION

Chez *S. melanotheron*, l'efficacité de l'incubation buccale est amoindrie pour les mâles de poids corporel inférieur à 150 g par rapport à celle des individus plus gros. Le volume buccal des mâles de petite taille est en effet très limité et permet à peine d'accueillir la totalité des oeufs produits par les plus petites femelles. Du fait de la contrainte physique que représente le volume buccal, l'efficacité de l'incubation est fortement améliorée lorsqu'une femelle s'accouple avec un mâle de taille supérieure. La mortalité des oeufs puis des alevins apparaît très réduite pendant la phase d'incubation. En pratique, pour la constitution des familles de géniteurs, il est recommandé de ne pas utiliser de mâles de poids inférieur à 150 g et de toujours sélectionner des mâles plus gros que les femelles.

En captivité, l'intervalle de temps séparant deux pontes successives se situe aux alentours de deux semaines chez *S. melanotheron*. Le sex ratio le plus favorable à la constitution des familles de géniteurs pour la production d'oeufs et d'alevins en pisciculture est de une femelle pour un mâle. Les productions d'oeufs observées sur une longue période avec des couples isolés, indiquent que la relation entre l'effectif incubé et le poids des mâles peut être utilisée pour prévoir et planifier la production d'alevins dans le cadre d'une exploitation piscicole.

REFERENCES

ARONSON L.R., 1945. Influence of the stimuli provided by the male cichlid fish, *Tilapia macrocephala*, on the spawning frequency of the female. *Physiol. Zool.*, 18, 403-415.

ARONSON L.R., 1949. An analysis of reproductive behavior in the mouthbreeding Cichlid fish, *Tilapia macrocephala* (Bleeker). *Zoologica*, 34, 133-158.

BAROILLER J.F., JALABERT B., 1989. Contribution of research in reproductive physiology to the culture of tilapias. *Aquat. Living Resour.*, 2, 105-116.

DRENNER R.W., 1972. The feeding mechanics of the gizzard shad (*Dorosoma cepedianum*). PhD. Thesis, University of Kansas, 91 p.

HUGUES D.G., BERHENDS L.L., 1983. Mass production of *Tilapia nilotica* seed in suspended net enclosures. p. 394-401, *in* : L. FISHELSON and Z. YARON (eds), Proceedings of the International Symposium on Tilapia in Aquaculture, Nazareth, 1983. Tel Aviv University Press, Tel Aviv, Israel.

LEGENDRE M., ECOUTIN J.M., 1989. Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. I - Reproduction. *Aquat. Living Resour.*, 2, 71-79.

LEGENDRE M., ECOUTIN J.M., 1991. Aspects de la stratégie de reproduction de *Sarotherodon melanotheron* : comparaison entre une population naturelle (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire) et différentes populations d'élevage. *In* : Proceedings of the 3th International Symposium on Tilapia in Aquaculture, 11-16 nov. 1991, Abidjan, Côte d'Ivoire. ICLARM/CRO, (à paraître).

LOWE-McCONNELL, R.H., 1955. The fecundity of *Tilapia* species. *E. Afr. Agric. J.*, 11, 45-52.

MARSHALL B.E., 1979. Observations on the breeding biology of *Sarotherodon macrochir* (Boulenger) in Lake McIlwaine, Rhodesia. *J. fish Biol.*, 14, 419-424.

MIRES D., 1982. A study of the problems of the mass production of hybrid tilapia fry. *In* : R.S.V. PULLIN and R.H. LOWE-McCONNELL (eds), The biology and culture of tilapias. *ICLARM Conf. Proc.*, 7, 317-329.

SHAW E.S., 1956. Two weeks in father's mouth. *Natural History*, 65, 152-153.

SHAW E.S., ARONSON L.R., 1954. Oral incubation in *Tilapia macrocephala*. 1- E.S. SHAW, Embryological studies. 2- E.S. SHAW and L.R. ARONSON, Experimental studies. *Amer. Mus. Nat. Hist.*, 103, 380-415.

SMITH C.J., HALEY S.R., 1988. Steroid profiles of the female tilapia *Oreochromis mossambicus*, and correlation with oocyte growth and mouth-brooding behavior. *Gen. Comp. Endocr.*, 69, 88-98.

VERDEGEM M.C., McGINTY A.S., 1987. Effects of frequency of egg and fry removal on spawning by *Tilapia nilotica* in hapas. *The progressive Fish-Culturist*, 49, 129-131.

WELCOMME R.L., 1967. The relationship between fecundity and fertility in the mouthbrooding Cichlid fish *Tilapia leucosticta*. *J. Zool., Lond.*, 151, 453-468.

Stade	Descriptif	âge (jours)(1)	Taille (mm)(2)	Volume (µl)
1	de la fécondation à l'apparition des mélanophores	0 à 2	3.4 (3.3-3.5)	
2	des premiers mélanophores à la pigmentation des yeux	2 à 4	3.3 (3.2-3.4)	17.4 (13.9-21.3)
3	de la pigmentation des yeux à l'éclosion	4 à 6	3.5 (3.1-3.7)	
4	de l'éclosion à la première moitié de la résorption vitelline	-	7.5 (5.5-8.8)	18.4 (15.2-22.7)
5	seconde moitié de la résorption vitelline	-	10.1 (9.0-10.8)	22.7 (18.8-25.0)
6	vésicule vitelline non visible	14-15	11.4 (10.7-13.0)	26.0 (19.5-40.5)

(1) âge depuis la fécondation; d'après Shaw et Aronson (1954) et Shaw (1956).

(2) moyenne des petits et grands diamètres pour les oeufs, longueur totale pour les éclos.

Tableau 1 : Définition des stades arbitraires utilisés pour la caractérisation de l'état de développement ontogénique des oeufs et des alevins incubés par les mâles de *S. melanotheron*. Correspondance avec l'âge, la taille et le volume moyens des oeufs et des alevins.
( ) : extrêmes des valeurs individuelles moyennes.

Tableau 2 : Valeurs de "R" en fonction du stade de développement des oeufs et alevins incubés.

R = effectif incubé observé/effectif incubé estimé (voir texte).

Stade de développement	R	Nbre de portées observées
1	0.99	16
2	1.01	15
3	1.01	18
4	1.06	38
5	0.87	11
6	0.98	26

Tableau 3 - Fréquence de ponte et quantité d'oeufs collectés pour des couples isolés de *S. melanotheron* en bassins cimentés. Comparaison entre les productions d'oeufs observées et estimées.

N° du Couple	Période d'observation (j)	Poids moyen des géniteurs (g)		Nbre de pontes observées	Nbre moyen de jours entre pontes	Nbre total d'oeufs collectés	Nbre d'oeufs collectés par an	Nbre moyen d'oeufs collectés par ponte	Nbre d'oeufs estimés	
		Femelle	Mâle						(1) incubé par le mâle	(2) produit par la femelle
1	587	172	194	43	14.0±1.7	24754	15392	576	551	653
2	475	164	130	31	15.8±3.5	15473	11889	499	405	632
3	398	152	269	34	12.1±0.9	24425	22400	718	723	601
4	174	243	118	8	24.8±7.5	2942	6171	368	377	838

(1) - Nombres moyens estimés par la relation entre l'effectif incubé (N) et le poids du mâle (Pm): $N=2.29\ Pm + 107.15$ ($r=0.793$).

(2) - Nombres moyens estimés par la relation entre la fécondité (F) et le poids de la femelle (Pf): $F=2.61\ Pf + 203.91$ ($r=0.777$).

Tableau 4 - Fréquence de ponte de *S. melanotheron* pour des familles de sex-ratio différents suivies sur une période de 76 jours en bassins cimentés. Les valeurs indiquées correspondent à la moyenne de deux réplicats.

Composition des familles (Nbre femelles/Nbre mâles)	Nbre moyen de pontes observées	Nbre moyen de pontes par femelle	Nbre de jours moyen entre pontes
1/1	6	6 [a]	13.1 [a]
5/5	29	5.8 [a]	13.2 [a]
1/9	7.5	7.5 [a]	10.6 [a]
9/1	14	1.6 [b]	49.5 [b]

Les chiffres affectés d'un même exposant ne diffèrent pas significativement au risque de 5 %.

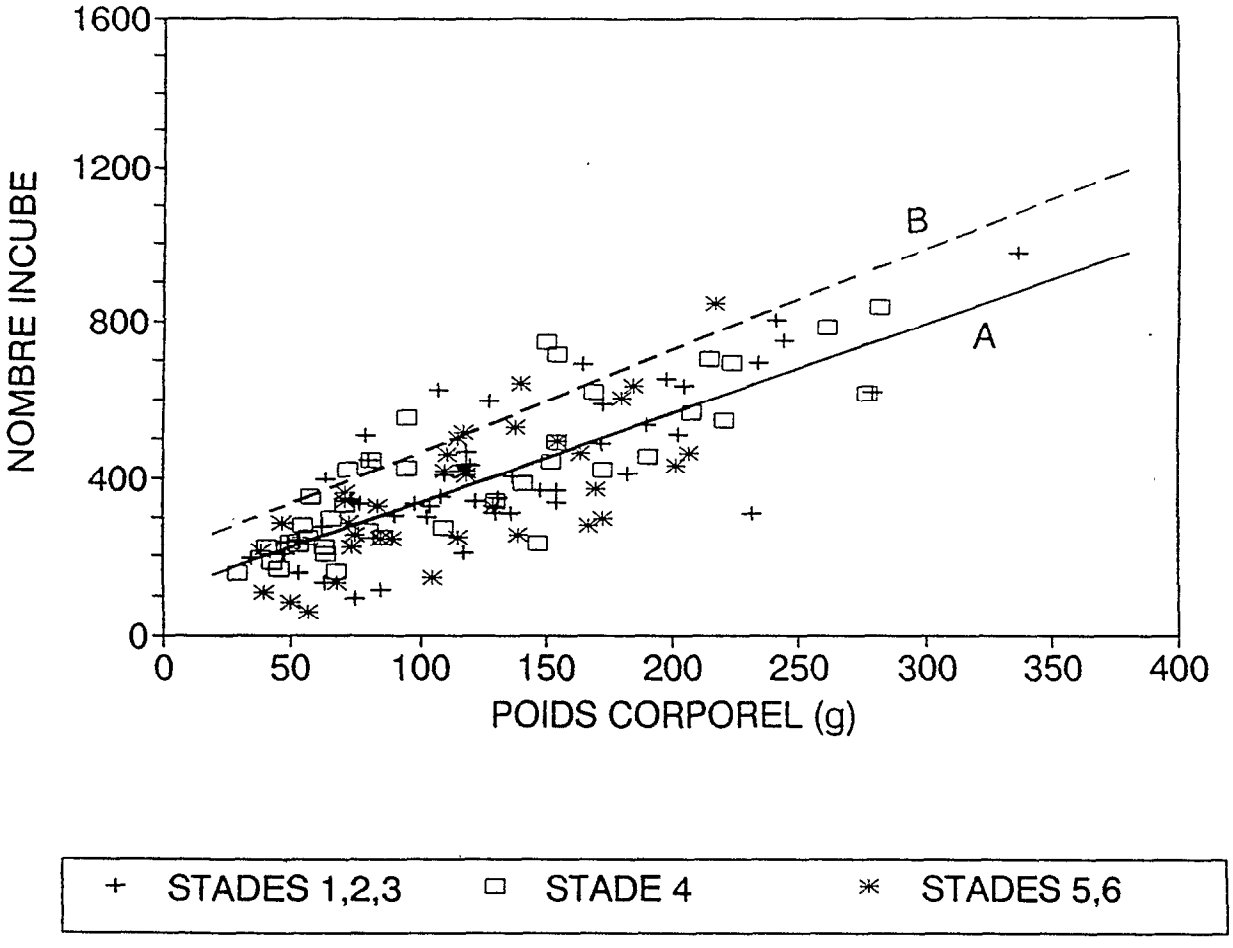


Figure 1 : **(A)**- Relation entre le nombre d'oeufs ou d'alevins incubés (N) et le poids des mâles (Pm) chez *S. melanotheron* élevé en enclos; N = 2.29 Pm + 107.15 (r = 0.793). Le stade de développement de la portée est indiqué pour chaque individu.

(B)- Relation entre la fécondité (F) et le poids des femelles (Pf) chez *S. melanotheron* élevé en enclos; F = 2.61 Pf + 203.91 (r = 0.777).

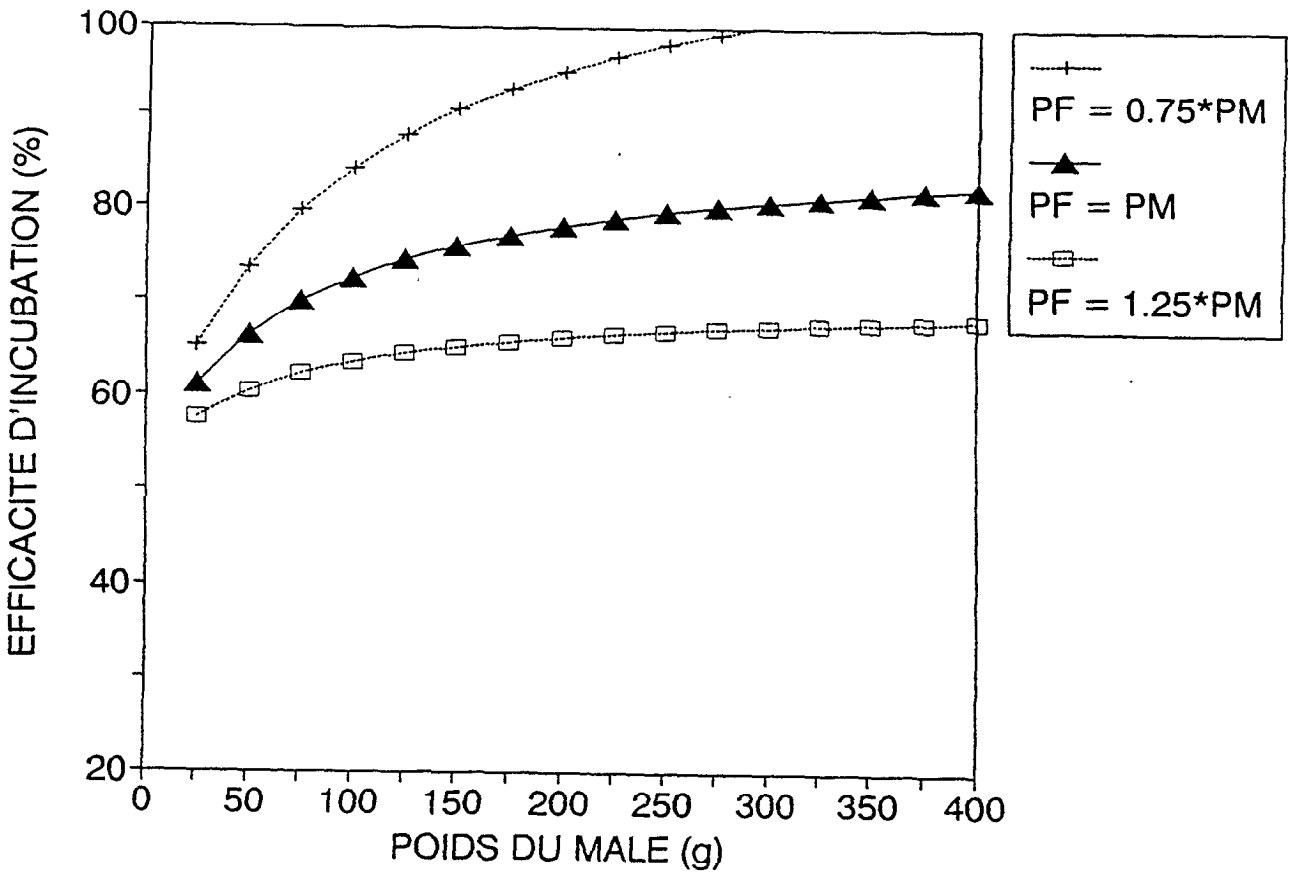


Figure 2 : Efficacité de l'incubation buccale chez *S. melanotheron*, en fonction de différentes hypothèses dans le rapport du poids des mâles (PM) et du poids femelles (PF) lors de l'appariement des couples.

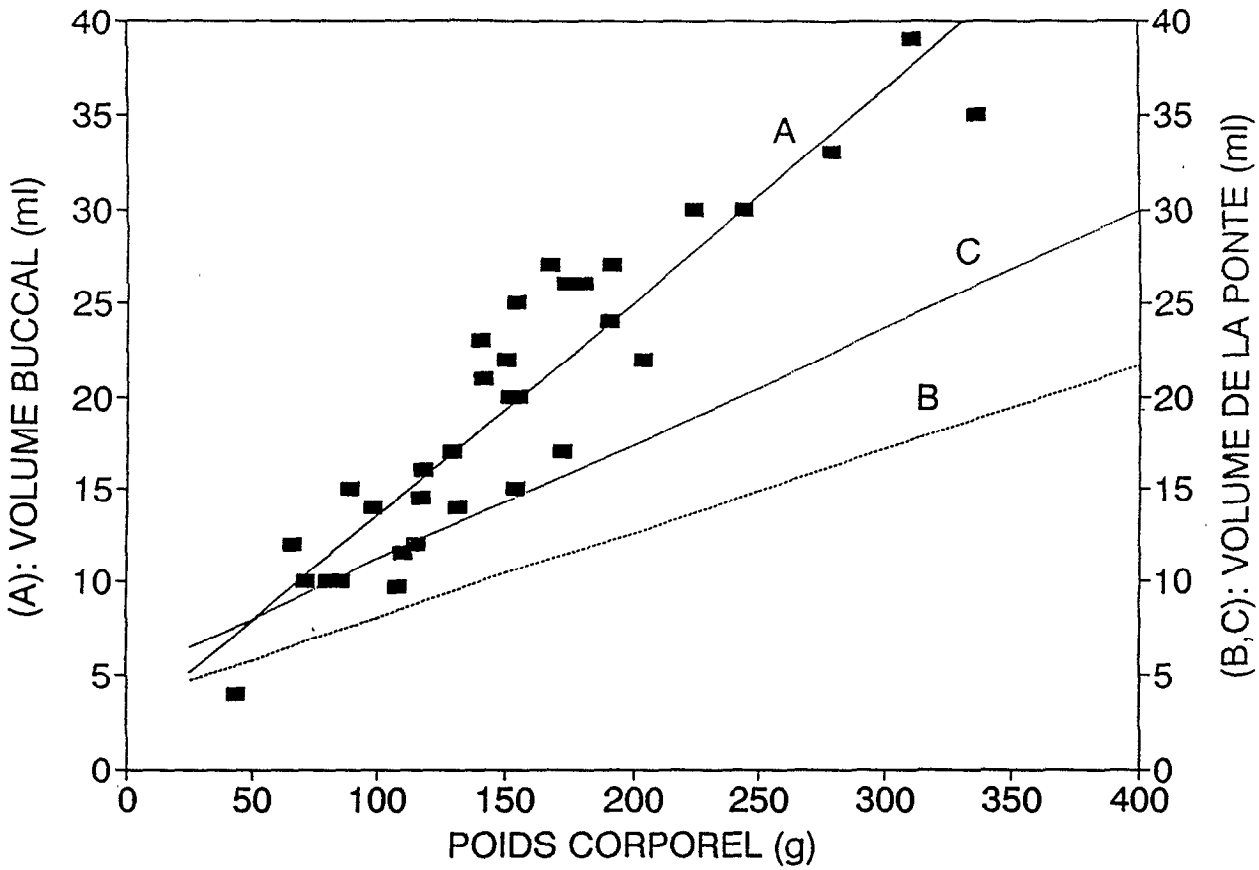


Figure 3 : **(A)**- Relation entre le volume de la cavité buccale (Vb) et le poids des mâles (Pm) chez *S. melanotheron*.
Vb = 0.114 Pm +2.21 (r = 0.927).

(B)- Cas des oeufs : évolution moyenne du volume de la ponte en fonction du poids de la femelle.
Volume de la ponte = fécondité x volume moyen d'un oeuf (17.4 ul).

(C)- Cas des alevins en fin de résorption : évolution moyenne du volume de la ponte en fonction du poids de la femelle.
Volume de la ponte = fécondité x volume moyen d'un alevin (26.0 ul).

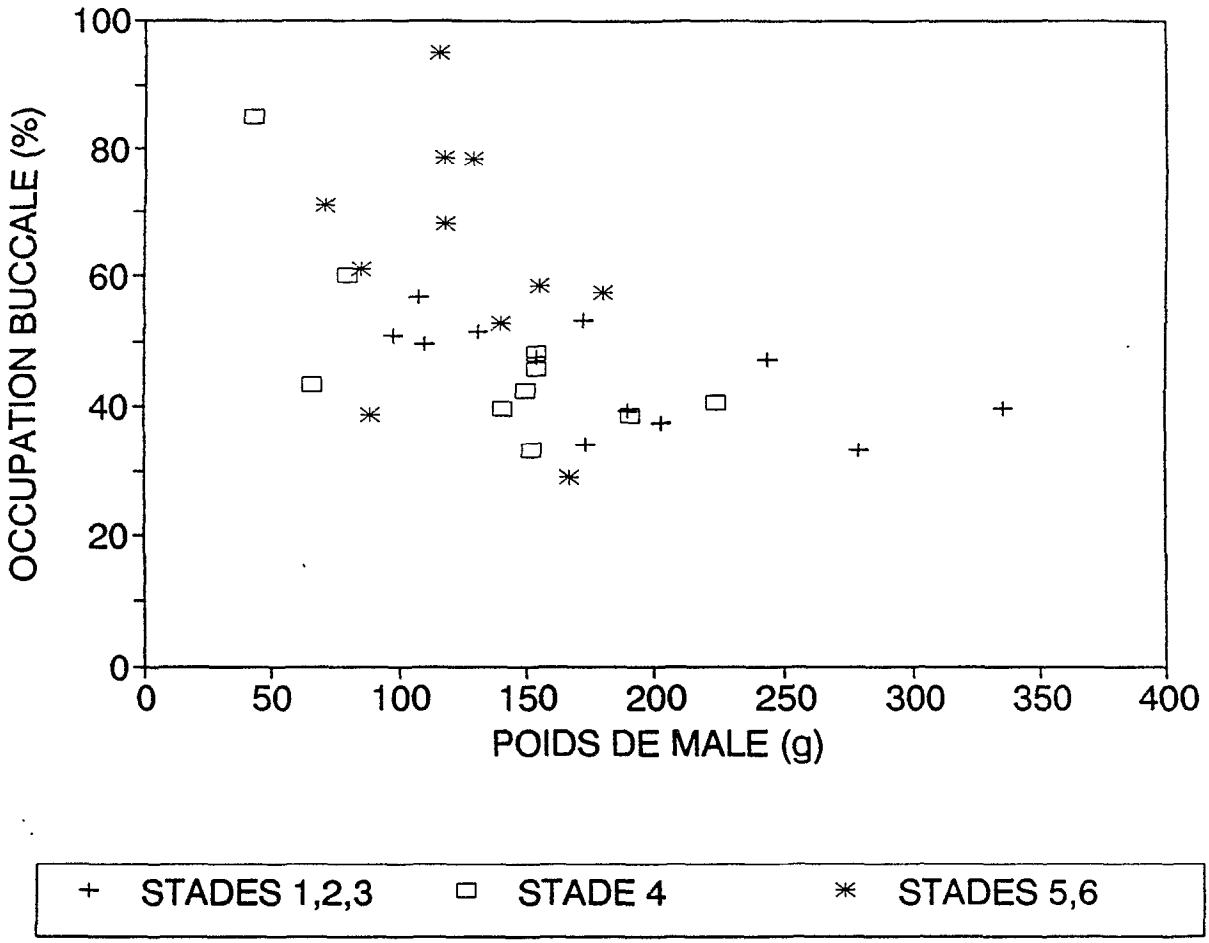


Figure 4 : Pourcentage d'occupation de la cavité buccale par la portée incubée en fonction du poids corporel des mâles de *S. melanotheron*. Le stade de développement de la portée est indiqué pour chaque individu.

LEGENDRE M., HEM S. et CISSE A., 1989.

Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. II - Growth and rearing methods.

Aquat. Living Resour., 2 : 81-89.

Aquat. Living Resour., 1989, **2**, 81-89

Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. II - Growth and rearing methods

Marc Legendre, Saurin Hem and Adou Cisse

Centre de Recherches océanographiques, BP n° V 18, Abidjan, Côte d'Ivoire.

Received October 10, 1988; accepted January 9, 1989.

Legendre M., S. Hem, A. Cisse. *Aquat. Living Resour.*, 1989, **2**, 81-89.

Abstract

In intensive culture, the two species of brackish water tilapia, *T. guineensis* and *S. melanotheron*, have proved disappointing. Even under most favourable conditions, *i. e.* the monosex male culture of *S. melanotheron*, a poor growth rate (about 0.5 g. d^{-1}) and a mediocre feed conversion do not presage a profitable aquaculture exploitation. On the other hand, extensive culture trials using the original "acadja-enclosure" technique have given very encouraging results. Annual fish yields of more than 8 t/ha, including 70 to 80% of *S. melanotheron* of marketable size, are possible without any artificial feeding.

Keywords : *Tilapia guineensis*, *Sarotherodon melanotheron*, growth, aquaculture, brackish water, Ivory Coast.

Potentiel aquacole des tilapias lagunaires de Côte-d'Ivoire. II-Croissance et méthodes d'élevage.

Résumé

En élevage intensif, les deux espèces de tilapias lagunaires, *T. guineensis* et *S. melanotheron*, se sont avérées décevantes. En effet, même dans la situation la plus favorable, l'élevage monosexe mâle de *S. melanotheron*, une vitesse de croissance médiocre (de l'ordre de 0,5 g. j^{-1}) et une mauvaise transformation des aliments artificiels ne permettent pas dans l'état actuel d'envisager une exploitation rentable. Les essais d'élevage extensif utilisant la technique originale des « acadja-enclos » ont par contre donné des résultats très encourageants. Des rendements annuels en poissons de plus de 8 t/ha, dont 70 à 80% de *S. melanotheron* de taille marchande, sont possibles sans aucun apport en aliment artificiel.

Mots-clés : *Tilapia guineensis*, *Sarotherodon melanotheron*, croissance, aquaculture, eau saumâtre, Côte-d'Ivoire.

INTRODUCTION

For a decade, the Ivory Coast has been involved in developing brackish water aquaculture in order to utilize more efficiently its wide surface area of coastal lagoons. For this purpose, research has been initiated with several species considered as potential candidates for fish farming, mostly catfishes (*Chrysichthys nigrodigitatus* and *Heterobranchus longifilis*), tilapias and a pompano (*Trachinotus teraia*). Concerning tilapias, the first rearing trials in lagoons were performed during the past few years with a foreign species, *Oreochromis niloticus*. These trials, carried out by different research or extension projects, have confirmed the rapid growth of this species but high mortality rates have been regularly experienced, the origin

of which has not been clearly identified (Magnet and Kouassi, 1978 and 1979; Magnet, 1980; Coche, 1982). This may indicate that the species is not suited for intensive aquaculture in Ivory Coast brackish waters and, as a matter of fact, *O. niloticus* culture is presently restricted to the totally desalinated lagoon area (Doudet, 1988). Consequently, it seemed essential to estimate the rearing potential of two indigenous species, *Tilapia guineensis* and *Sarotherodon melanotheron*, which are typical estuarine fishes, and are therefore naturally suited to the lagoon environment (Daget and Iltis, 1965; Payne, 1983; Albaret, 1987). Moreover, these species are highly esteemed and widely consumed locally.

Although the aquaculture potential of *T. guineensis* and *S. melanotheron* have been refered to previously (Pillay, 1965; Sivalingam, 1976; Pauly, 1976), experimental reports on their performances in culture are very limited (Magnet and Kouassi, 1979; Philippart *et al.*, 1979) and some could not be found (McLaren, 1949; Smith, *in* Pillay, 1965). More recently, work has been initiated at the Abidjan Oceanographic Research Centre in order to determine their respective potentials for brackish water aquaculture. Investigations ware carried out into two different rearing options, intensive and extensive.

The first comparative study on the growth of *T. guineensis* and *S. melanotheron* in intensive culture was realized for the entire cycle, the grow-out stage being performed in lagoon enclosure (Legendre, 1983). Based on this preliminary investigation, further experiments were focused mainly on the influence of stocking density, monosex rearing and feeding on growth performance. Because the use of enclosure poses various practical problems related to some aspects of the behaviour of these species, and particularly of *T. guineensis* (nest building, fry proliferation, difficulty of catching), experiments were subsequently carried out either in tanks (Cisse, 1986) or in "cage-enclosure" (Legendre, 1986). Like the enclosure (Hem, 1982), the cage-enclosure is adapted to shallow sites (1 to 1.5 m deep), frequent in the lagoon environment. This very simple structure is made up of a mesh pocket hung on bamboo poles, the bottom being pinned to the sediment by means of metal rods. The impact of these structures on sedimentary ecosystems and their general conditions of utilization have been discussed by Guiral (1986).

The extensive method of rearing is derived from the "acadja" fishing technique traditionally practiced in coastal lagoons of Benin. The principle of this fishery is to set up dense masses of branches artificially planted in the muddy bottom of shallow waters, where fish from the wild concentrate and develop. This attractive effect is thought to be related to the significant increase of surfaces on which natural fish food such as micro-fauna and periphyton develop. But it is difficult to dissociate this effect from the fact that fish may also be attracted by acadjas because they provide a shelter. The explanation of the phenomenon is not so clear and depends probably on the biology of the colonizing species. However, the figures given by Welcomme (1972) indicate that the yearly yield of acadja is of about 8 to 20 tons of fish per hectare, which shows a significant increase compared to the lagoon yield. This led to the idea of surrounding acadjas with an enclosure net for extensive aquaculture fish production. The aim of the so-called "acadja-enclos" is to enhance the development of natural food within the rearing environment, thus reducing the need to provide artificial feed which considerably reduces the fish production cost (Hem, 1988).

This paper presents a synthesis of the main results obtained concerning growth rates of *T. guineensis* and of *S. melanotheron* in intensive culture, and *S. melanotheron* annual production in "acadja-enclos". The prospects offered by these brackish water tilapias for aquaculture are discussed considering both rearing methods.

MATERIAL AND METHODS

The experiments were carried out at the Layo aquaculture research station, located 40 km west of Abidjan in an oligo- to mesohaline area of Ebrié lagoon.

Nursery stage

For growth comparison, fry at the end of yolk sac resorption were collected from mouth-brooding males for *S. melanotheron* or from nests established in the enclosures for *T. guineensis*. They were placed into separate 0.5 m^3 circular tanks at a stocking density of 1 600 fry per m^3, and fed twice a day to satiation with a paste feed composed of powdered milk, egg yolk and vitamin premix (Hem, unpubl.). Every week, samples of 50 fish were removed, anesthetized (MS 222, Sandoz laboratory), placed on paper towels to absorb most of the adhering water, and individually weighed to the nearest 1 mg.

Fingerling stage

The growth during the fingerling stage (from 0.5 up to 40 g) was studied in 16 m^2 earthen ponds in which fry of the same species were placed at a stocking density of 6 fish per m^2. The fish were fed with a 31% crude protein powdered feed distributed twice daily and six days a week, with a daily rate fixed at 5% of the total fish biomass. Periodically, samples of about 30 fish were captured with a seine net, anesthetized, and individually weighed to the nearest 0.1 g.

Grow-out stage

Intensive rearing

Three experiments were carried out to study the effects of stocking density, monosex culture and feeding frequency on growth rates. The fish were obtained from aquaculture stations of the "Projet de Développement de l'Aquaculture lagunaire": from Jacqueville station for *S. melanotheron* and from Mopoyem station for *T. guineensis*. Fish originating from the Layo station were used only for two experimental groups of *S. melanotheron* in the stocking density trials.

The influence of four stocking rates, 20, 50, 100 and 150 fish per m^3, was tested in 4 m^3 cage-enclosures on growth and mortality rates of *T. guineensis* and *S. melanotheron*. Each treatment was duplicated and a population with an equilibrated sex-ratio was always used.

The respective growth of males and females was followed for both species between 10 and 150 g average weight. The fish were placed in duplicate 4 m^3 cage-enclosures, either in mixed (sex-ratio close to 1 : 1) or monosex rearing types, at a constant stocking density of 20 fish per m^3. For monosex rearing, fingerlings were sorted as soon as the sexual dimorphism of the genital papilla became visible. One month later, they were sorted again in order to rectify possible errors of sexing. For *S. melanotheron*, distinction between sexes was facilited by a difference in opercular colouration, pinkish in females and bright yellow in males (Shaw and Aronson, 1954). This allowed a more precocious sexing for *S. melanotheron* (from 15-20 g) than for *T. guineensis* (from 25-30 g).

In order to improve feeding conditions, the influence of the feeding frequency was tested in male monosex culture of *S. melanotheron*. The fish, of approximately 75 g initial mean body weight, were reared in 25 m^3 cage-enclosures, at an initial stocking density of 15 fish per m^3. Five feeding frequencies were compared: 1, 2, 4 and 8 meals distributed during the day between 8.30 AM and 7.00 PM, and 8 meals distributed during the night between 8.30 PM and 7.00 AM.

In the first and second experiments, the fish were fed with a 31% crude protein pelleted feed, distributed twice daily and six days a week, at a daily rate of 4.5% of total fish biomass. The composition of the feed was as follows: fish meal (20%), groundnut cake (20%), soybean cake (15%), wheat bran (25%), corn meal (20%), with an additional 2% of vitamin premix.

In the third experiment, a pelleted feed containing 30% crude protein and with 270 kcal per 100 g of feed was used (Cisse, 1989). The daily rate initially fixed at 5% of total fish biomass, was progressively reduced to 2% until the end of the experiment.

In all cases, monthly samples of 50 to 100 fish were removed from the cages, anesthetized, and individually sexed and weighed to the nearest 1 g. Every month, daily feeding rates were readjusted, based on the weight of the sampled fish. The efficiency of artificial feeding was estimated on the basis of the feed conversion ratio, calculated for the entire experimentation period by the following relation: total weight of distributed feed/total gain in fish biomass.

Extensive rearing

Two successive experiments on "acadja-enclos" were carried out between 1984 and 1986.

The aim of the first investigation was to quantify the increase in fish production related to different kinds of acadja. For this purpose, three 625 m^2 lagoon enclosures were used.

– The first one, empty of any kind of substrate, served as a control.

– In the second one, a 100 m^2 area of floating plants (*Scleria* sp.) was set up in the centre and fixed in place with bamboo poles.

– In the third one, 100 bundles of branches were placed over a 100 m^2 central area limited by bamboo poles.

None of these enclosures were stocked with fingerlings. The fish entered from the wild through the net (mesh of 14 mm), and were retained in the system after growth.

The aim of the second experiment was to evaluate the productivity of the "acadja-enclos" as an extensive culture system. Two acadjas of 200 m^2 and one of 400 m^2, constituted of bundles of branches, were implanted in the central area of three 625 m^2 lagoon enclosures. Each of them was stocked with reared *S. melanotheron* fingerlings of 40 g initial body weight, at a stocking density of 5 fish per m^2 of acadja.

In all cases, the structures were left for 12 months without fishing and without any input of artificial feed. At harvest time, the different kinds of acadja were removed and the entire fish population was captured with a seine net. The different species present were identified and all fish counted and weighed.

RESULTS

Nursery stage

The growth of *S. melanotheron* and *T. guineensis* were followed from the end of yolk sac resorption. At this stage, *T. guineensis* fry are very small and weigh about 2 mg, whereas *S. melanotheron* fry hatched from bigger eggs (Legendre and Ecoutin, 1989) already weigh about 20 mg.

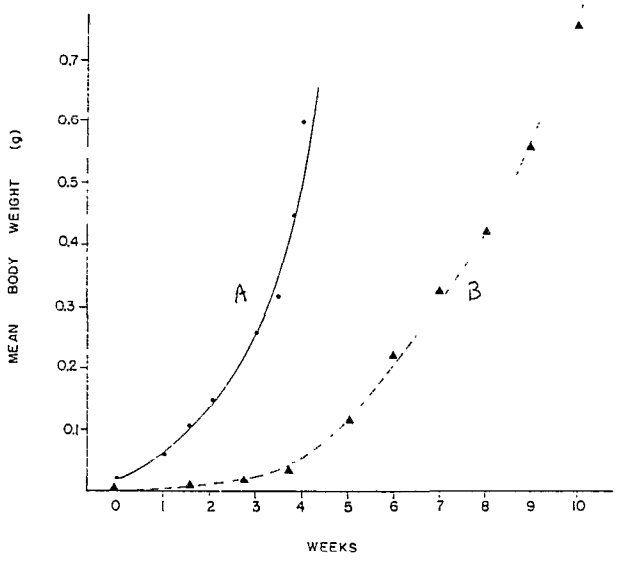


Figure 1. — Growth of *S. melanotheron* (A) and *T. guineensis* (B) fry in circular tanks.

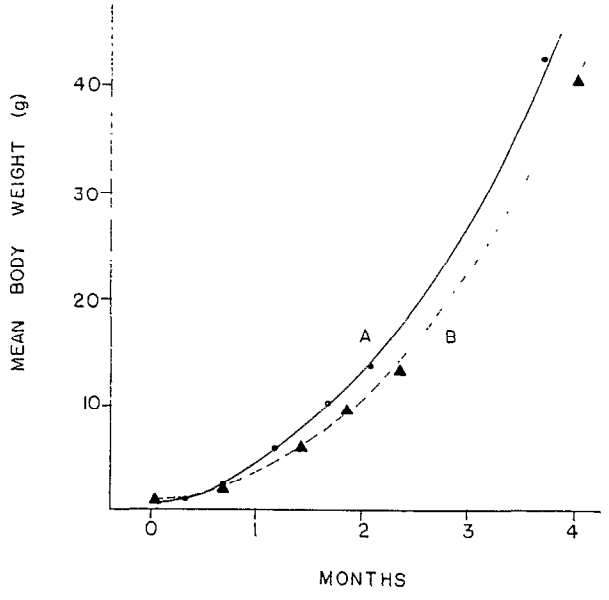


Figure 2. — Growth of *S. melanotheron* (A) and *T. guineensis* (B) fingerlings in earthen ponds.

Regarding this initial difference but also because of a better growth rate (*fig.* 1), *S. melanotheron* reach 0.5 g about one month before *T. guineensis*. For *S. melanotheron*, mortality rates in circular tanks are low and do not exceed 5% of the initial fry number. A peak of mortality has been observed for *T. guineensis* at the onset of first feeding, after which the mortality rate stabilized at a similar level to that of *S. melanotheron*.

Fingerling stage

The growth curves obtained in fingerling ponds (*fig.* 2) show that up to about 10 g the average growth rate is still lower for *T. guineensis* than for *S. melanotheron*. However, this difference tends to decrease progressively and between 10 and 40 g, the two species display a similar growth pattern.

Grow-out stage

Intensive rearing

In the range tested, between 20 and 150 fish per m^3, no influence of density on the growth of *S. melanotheron* was observed (*table* 1). On the other hand, a significant difference ($p<0.03$) in growth rates was noted between the two populations of *S. melanotheron* used during the course of these tests (growth rates of 0.35 to 0.38 $g.d^{-1}$ for fish originating from Jacqueville and 0.22 to 0.28 $g.d^{-1}$ for those originating from Layo), showing the importance of the history of fish on their growth performances. For *T. guineensis*, growth rates did not differ significantly at the different densities tested (*table* 2). In both species mortality rates varied little. Situated around 15% for the three lowest densities, they were however significantly higher (greater than 20%) in cultures at the highest densities (*tables* 1 and 2). Therefore, stocking densities higher than 100 fish per m^3 are not recommended for rearing.

Table 1. — Mean growth rate, mortality rate and feed conversion ratio (FCR) for *S. melanotheron* as a function of stocking density in mixed rearing. Means of duplicates for 20 and 50 fish per m^3; single experiments for higher densities. Origin of fish: ([a]): Jacqueville, ([b]): Layo.

Initial stocking density (N/m^3)	Mean daily growth ($g.d^{-1}$)	Mortality rate (%)	FCR
20[a]	0.35	15.3	6.6
50[a]	0.36	15.2	6.4
100[a]	0.36	22.6	7.0
100[b]	0.22	15.5	9.1
150[a]	0.38	23.3	6.7
150[b]	0.28	33.1	8.7

Table 2. — Mean growth rate, mortality rate and feed conversion ratio (FCR) for *T. guineensis* as a function of stocking density in mixed rearing. Means of duplicates.

Initial stocking density (N/m^3)	Mean daily growth ($g.d^{-1}$)	Mortality rate (%)	FCR
20	0.30	13.7	6.3
50	0.34	13.4	6.1
100	0.30	13.5	6.1
150	0.29	24.7	7.5

A sex-linked difference in growth rates was observed in both lagoon tilapia species. For *T. guineensis* (*fig.* 3, *table* 3), the growth of males is always superior to that of females (0.41 $g.d^{-1}$ against 0.27 to

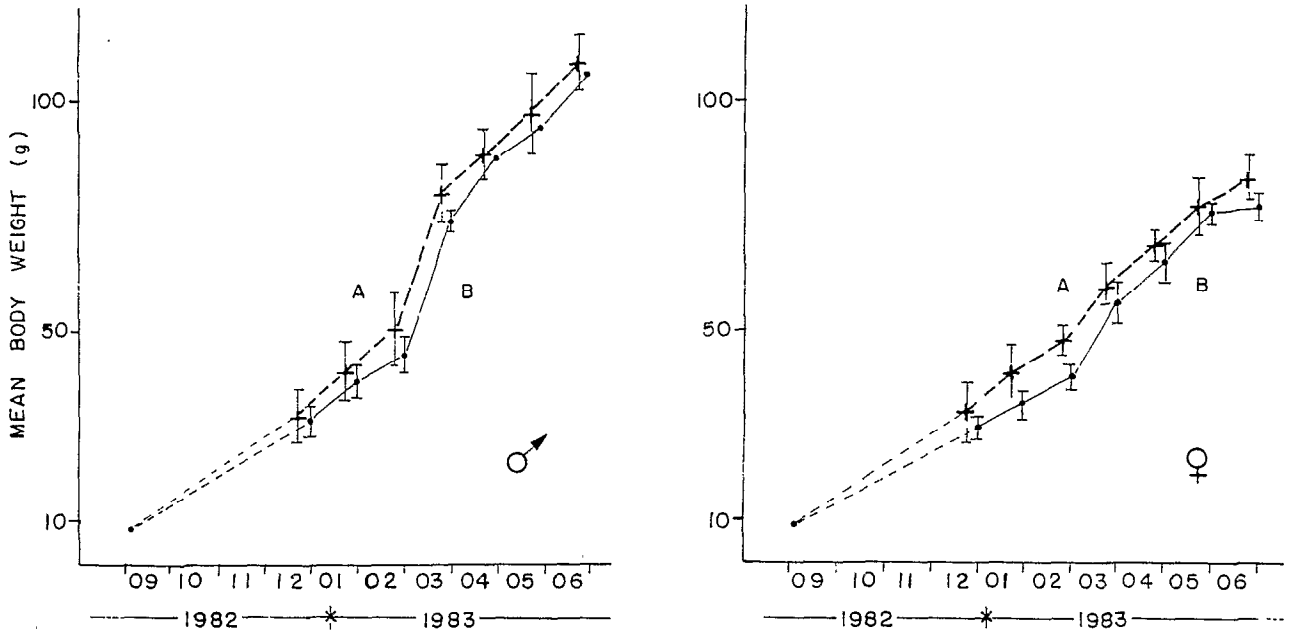


Figure 3. — Growth of male and female *T. guineensis* in mixed (A) and monosex (B) rearing in cage-enclosure. Fine dashed lines refer to fish growth before sexing. Vertical bars indicate differences between replicates.

$0.30\,g.d^{-1}$), regardless of the culture system (mixed or monosex). Conversely, for *S. melanotheron*, (*fig.* 4, *table* 3), a significant increase in the growth of males is observed when one goes from mixed ($0.32\,g.d^{-1}$) to monosex culture ($0.49\,g.d^{-1}$), whereas the growth of females remains steady ($0.42\,g.d^{-1}$).

A remarkable acceleration in growth rates was seen in both species during February-March (*fig.* 3 and 4), and was also observed simultaneously in all the fish groups belonging to the stocking density trials (Legendre, 1986). This acceleration, independent of stocking rates, was more pronounced in *S. melanotheron* (growth rates comprise between 0.48 and $1.20\,g.d^{-1}$ depending upon the experimental group, against 0.42 to $0.86\,g.d^{-1}$ only for *T. guineensis*). This phenomenon is related to the occurrence of an algal bloom (green water) which itself corresponds to the higher turbidities observed during the experiment. At this time, chlorophyll concentrations (75 mg per m^3) were more than double those observed in April when water transparency increases again. This strongly suggests that despite the intensive character of the culture, lagoon tilapia growth rates are in fact dependent on natural food availability in their environment.

Feed conversion ratios (FCR) obtained during these experiments show a poor utilization of artificial feed regardless of the species, density or type of culture used (*tables* 1 to 3). In the best cases, FCR were higher than 5, whereas classic FCR of 1.5 to 3 are obtained in intensive tilapia culture (Coche, 1982).

In order to optimize growth rates and FCR, the influence of feeding frequency was tested in male monosex culture of *S. melanotheron*. The results show that a feeding frequency of four meals per day gives the best growth performance (*fig.* 5). Night feeding or the increase in the feed distribution frequency up to eight intakes per day does not lead to any further improvements. Under the best situation, the fish have been brought from 75 to 235 g in about 8 months. However rapid growth rates were observed only during the first 2 months of the trial and overall the FCR (4.67) remains too high to allow an economic return.

Extensive rearing

In the first experiment the results of the harvest after 12 months without artificial feeding show that acadja made of bundles of branches lead to a production (80.5 kg) eight times greater than in the control enclosure without any substrates (11.7 kg) (*table* 4). Conversely, the implantation of floating plants in the enclosures shows no clear improvement of the results as compared to the control (18.2 against 11.7 kg of total fish production). Among the 80.5 kg of fish harvested (an equivalent mean of 8 metric tons per ha per year) in the brush park ("acadja-enclos"), 79% of the biomass was represented by marketable *S.*

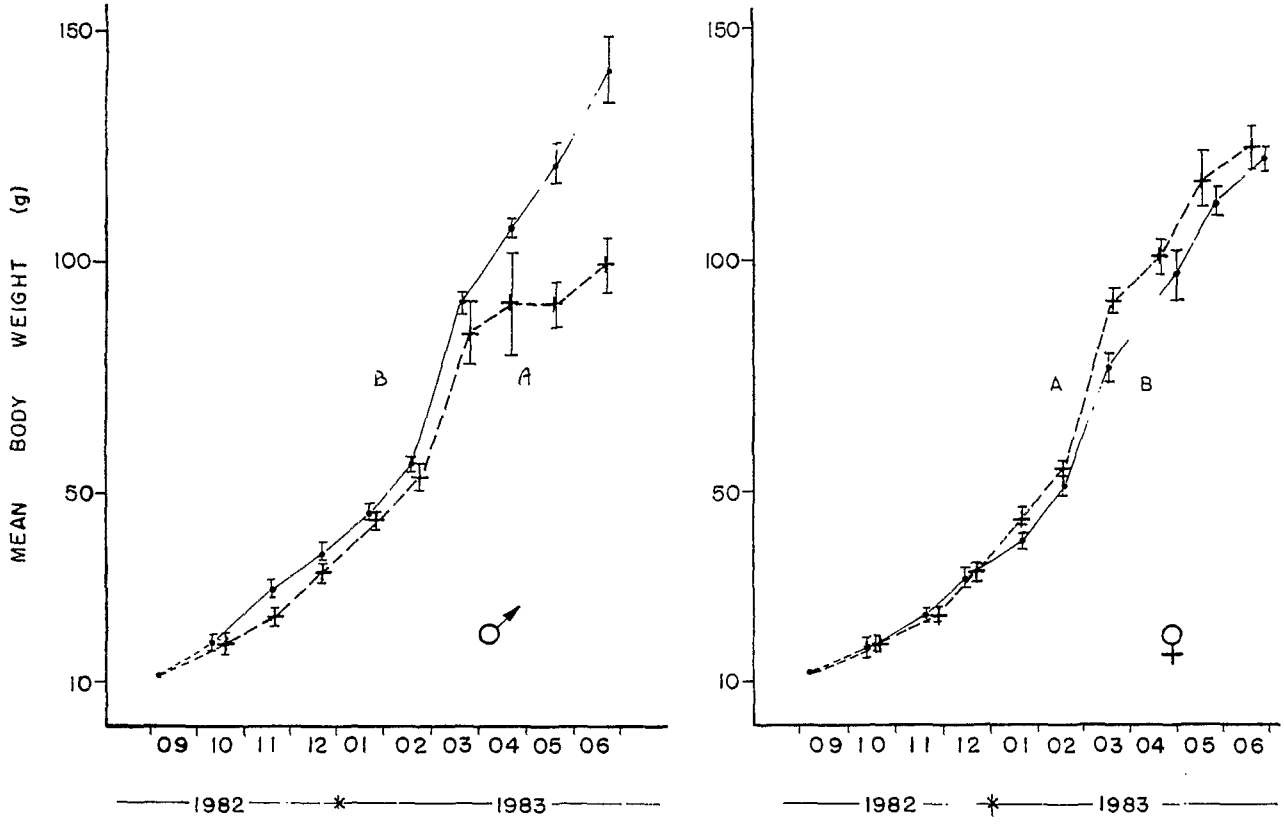


Figure 4. – Growth of male and female *S. melanotheron* in mixed (A) and monosex (B) rearing in cage-enclosure. Fine dashed lines refer to fish growth before sexing. Vertical bars indicate differences between replicates.

Table 3. – Growth rates of males and females, and feed conversion ratio (FCR) for *S. melanotheron* and *T. guineensis* in mixed and monosex rearing. Means of duplicates; initial stocking density 20 fish per m^3.

Species	Rearing type	Mean daily growth ($g.d^{-1}$)		FCR
		Males	Females	
S. melanotheron	Mixed	0.32	0.43	6.6
	Monosex female	/	0.42	5.8
	Monosex male	0.49	/	5.9
T. guineensis	Mixed	0.41	0.30	6.4
	Monosex female	/	0.27	7.5
	Monosex male	0.41	/	6.5

melanotheron of 200 g average body weight. According to this preliminary result, the "acadja-enclos" may be considered as a promising system for extensive culture of this species.

In the second experiment, where "acadja-enclos" exclusively made of bundles of branches were stocked with reared *S. melanotheron* fingerlings, some variability in the fish production (from 33 to 98 kg per 100 m^2) was observed among the different replicates (*table* 4). The reason for this variability is not clear, but the lower biomass harvested in treatments D and F (*table* 4) could be related to some extent to predation by *Heterobranchus longifilis* (4 to 7 kg individual weight) which accidentally penetrated the structures. In spite of this, the mean production obtained from the four "acadja-enclos" trials was very satisfactory (66.4 kg per 100 m^2 of acadja), considering that the fish never received any artificial feed.

DISCUSSION

Growth comparison between sexes

In *S. melanotheron*, the fact that the ratio between the male and female growth rates reverse when one goes from mixed to monosex culture, shows clearly that the lower growth of males under mixed culture is a consequence of mouth-brooding. It is indeed

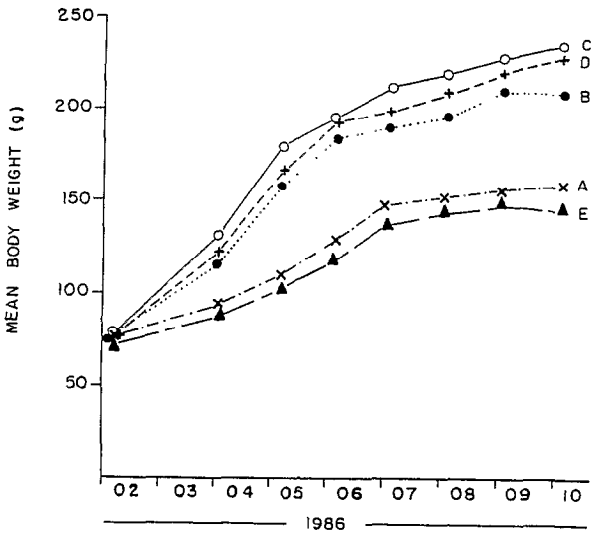


Figure 5. – Growth of male *S. melanotheron* in monosex rearing as a function of feeding frequency. A: 1 meal per day; B: 2 meals per day; C: 4 meals per day; D: 8 meals per day; E: 8 meals per night.

to eggs, and in monosex culture ($0.49\,g.d^{-1}$) where there is no incubation.

As for *T. guineensis* the sex-linked difference in growth rates is always in favour of males, irrespective of the rearing type. Finally, in both species the potential growth of males is higher than that of females, which seems to be the general case in tilapias.

Growth comparison between species

Although in mixed rearing the average growth for the best performing sexes of both species (the male for *T. guineensis* and the female for *S. melanotheron*) has always been very similar at the conclusion of the different trials (Cisse, 1986; Legendre, 1983 and 1986), the best growth performances have in fact been obtained with *S. melanotheron* males when reared in a monosex culture. Moreover, the growth rate of *S. melanotheron* is much higher than *T. guineensis* during the nursery and fingerling stages which contributes to reduce the total duration of the rearing cycle. *S. melanotheron* is therefore particularly recommended for lagoon aquaculture, since this species also has a higher market value than *T. guineensis* in Ivory Coast

Table 4. – Total biomass (kg) and relative proportion of the main species harvested after 12 months in acadja-experiments. For comparison with experiment N° 1 and mean calculation, biomass data in exp. N° 2 refer to production per $100\,m^2$ of acadja.

Species	Experiment N° 1						Experiment N° 2						Mean for trials	
	A		B		C		D		E		F		C, D, E and F	
	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)	(kg)	(%)
Sarotherodon melanotheron	1.5	12.8	10.4	57.1	63.6	79.0	27	50.0	79	80.6	21	63.6	47.7	71.8
Tilapia guineensis	0.3	2.6	3	16.5	0.3	0.4	8	14.8	7	7.1	4	12.1	4.8	7.3
Heterobranchus longifilis	7.1	60.7	2.1	11.5	8.3	10.3	9	16.7	2	2.1	3	9.1	5.6	8.4
Others	2.8	23.9	2.7	14.9	8.3	10.3	10	18.5	10	10.2	5	15.2	8.3	12.5
Total harvested biomass	11.7	–	18.2	–	80.5	–	54	–	98	–	33	–	66.4	–

Exp. N° 1: without stocking fingerlings. A: control, without any substrate; B: with $100\,m^2$ of floating plants; C: with $100\,m^2$ of bundles of branches.
Exp. N° 2: with stocked fingerlings ($5/m^2$ of acadja). D, E: with $200\,m^2$ of bundles of branches; F: with $400\,m^2$ of bundles of branches.

known that under mixed culture *S. melanotheron* reproduces actively, and that the males do not feed during brooding (Legendre and Ecoutin, 1989). Therefore, for the same level of sexual activity, one can state that the difference in growth rates between males and females of *S. melanotheron* is a function of the fish's possibility to take eggs into the mouth for incubation. In mixed cage-enclosure culture, the presence of the net placed between the fish and the bottom sediment disturbs the uptaking of eggs without completely eliminating it. In this situation, male growth rates ($0.32\,g.d^{-1}$) are intermediate between those observed in enclosures ($0.18\,g.d^{-1}$; Legendre, 1983) and in concrete tanks (0.21 to $0.30\,g.d^{-1}$; Cisse, 1986) where there is direct access (Weigel, 1983). Consequently, research directed towards the latter species has been abandoned.

However, because of a better growth rate, *T. guineensis* was preferred to *S. melanotheron* for pond culture in Nigeria (P. Vincke, pers. comm., 1988). This could reflect a better adaptation of *T. guineensis* to the fish pond environment, but could also be related to differences between various West African populations of these fishes. In this context, it is interesting to observe that in Nigerian brackish waters, the maximal size of *T. guineensis* (named *T. melanopleura* by the author) is reported to be much greater than that of *S. melanotheron* (Sivalingam, 1976), while an inverse situation is observed in Ebrié lagoon (Albaret et Ecoutin, unpubl. data).

Aquaculture potential

From our results it appears that a high density (100 fish per m^3) male monosex culture of *S. melanotheron* in cage-enclosures should give the best production results. However, the economic profitability of such a rearing is compromised by poor artificial feeding efficiency. This is characterised by high feed conversion ratios (from 4 to 6) on one hand, and by an apparent dependence on natural food availability on the other.

The poor success of artificial feed observed for brackish water tilapias can be due to different factors: inadequate composition of the feed, poor quality of raw materials, inappropriate presentation and distribution. But during an experiment which has been simultaneously carried out with *O. niloticus* under strictly similar culture and nutrition conditions, a feed conversion ratio of 1.26 has been obtained over a 4 month period (between 17 and 155 g average weight) (Legendre, unpubl.). The feeding conditions which are apparently inaproppriate for brackish water tilapias seem to be entirely satisfactory in this case; this suggests the existence of a feeding behaviour which is more efficient under culture conditions for *O. niloticus* or that there are different nutritional requirements between these species. This question should be studied more thoroughly, and especially by means of a comparative study of the digestibility coefficients of local raw materials used for feed preparation.

Since an improvement in growth has been observed during the algae bloom period, it is clear that even within the scope of intensive cage culture, natural food can improve production results significantly. Although various authors have stressed the importance and role of natural food (*see* Coche, 1982, for review), it seems to be neglected too often in intensive fish farming carried out in open environments. It is therefore recommended to follow up more systematically the abundance of plankton in the environment (especially by chlorophyll measurements) in tandem with fish surveys. In various cases, the variations in the abundance of natural food could account for the periodical fluctuations which are sometimes observed in fish growth; these variations could also account for the production discrepancies which have been obtained with the same species in different rearing sites. This seems particularly to be the case for floating cage rearing of *O. niloticus* on the two opposite sides of the desalinated Aghien lagoon (Coquelet, pers. comm., 1987).

Presently, the global evaluation of the intensive culture of tilapias in the lagoons of the Ivory Coast remains quite negative since, on one hand some species are naturally adapted to the environment but have poor performances, and on the other hand an introduced species (*O. niloticus*) presents a rapid growth but does not adapt well to the brackish water environments of Ivory Coast, even in the oligohaline zones. The real cause of mass mortalities observed for *O. niloticus* in cage cultures carried out in Ebrié lagoon remains to be clarified. However, encouraging results have recently been obtained with *O. aureus*, the growth and survival of which seem to be satisfactory in brackish water up to $15\,g.l^{-1}$ salinity (Doudet, 1988). This new species could perhaps solve the problem of the intensive culture of tilapias in the lagoons of Ivory Coast.

Extensive culture in "acadja-enclos" allow a yearly mean fish production of 66 kg per $100\,m^2$ of acadja, without providing any artificial feed. This production, including a significant majority of marketable tilapias, is comparable to that of traditional acadjas. It is known that in the latter, *S. melanotheron* represents the main species listed in the catches (Welcomme, 1972). Although *S. melanotheron* is essentially a deposit-feeder in certain environments (Fagade, 1971; Pauly, 1976), in the lagoons of Sierra Leone its natural diet is thought to be almost exclusively composed of algae which develop on mangrove roots, on rocks or on other hard surfaces (Payne, 1983). This biological feature is obviously one of the main factors which explain the predominance of *S. melanotheron* in "open" acadjas as well as the success of its production in "acadja-enclos" where the observation of branches shows an intense superficial browsing.

The branches progressively decompose and must be changed every year; in the short term this could be a limiting factor. The replacement of traditional bundles of branches by bamboo sticks which are planted vertically into the sediment should thus represent an attractive alternative; bamboos are easy to find and last longer. The advantages of such acadja structures are presently being studied.

CONCLUSION

From an aquacultural point of view, both brackish water tilapia species have been desappointing in intensive culture. Even in the most favourable situation, *i.e.* the monosex male culture of *S. melanotheron*, growth rates and feed conversion ratios which have been obtained do not presently allow a sufficient profit margin at the end of the cycle to ensure the economic profitability of a fish farm; this has been confirmed by large scale trials carried out within the scope of the "Projet de Développement de l'Aquaculture Lagunaire" (Doudet and Legendre, 1986; Doudet, 1988). So far it has not been possible to maintain acceptable growth rates (superior to $1\,g.d^{-1}$) over 1 to 2 months; these periods correspond generally to a greater richness as regards natural food in the environment. On the average, growth rates which have been obtained (around $0.5\,g.d^{-1}$) thus remain quite poor, especially when compared with those observed for other tilapia species already used in aquaculture.

In this context, the extensive culture of *S. melanotheron* in "acadja-enclos" appears to be a more promising option. On the basis of the first results obtained, provisional evaluations suggest the possibility for waterside villagers to have profitable fish farms without the need for any artificial feed supply. This solution is presently being investigated on a larger scale and in various situations. These studies are particularly directed towards a better understanding the functioning of this particular artificial ecosystem in order to optimize aquaculture exploitation methods (nature of the substrates, stocking rate, harvesting frequency).

REFERENCES

Albaret J. J., 1987. Les peuplements de poissons de la Casamance (Sénégal) en période de sécheresse. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, **20**, 291-310.

Cisse A., 1986. Résultats préliminaires de l'alimentation artificielle de *Tilapia guineensis* (Bleeker) et de *Sarotherodon melanotheron* (Ruppel) en élevage. *In:* Aquaculture research in the African regions, FIS Seminar, PUDOC, Wageningen, 103-111.

Cisse A., 1989. Étude du rapport protéine-énergie dans l'alimentation de *Sarotherodon melanotheron* (Ruppel, 1952). Influence sur la consommation alimentaire, la croissance et la composition de carcasse. *Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr.*, Abidjan (sous presse).

Coche A. G., 1982. Cage culture of tilapias. *In:* R. S. V. Pullin, R. H. Lowe-McConnell Eds, The biology and culture of tilapias. *ICLARM Conf. Proc.*, 7, 205-246.

Daget J., A. Iltis, 1965. Poissons de Côte-d'Ivoire (eaux douces et eaux saumâtres). *Mémoires IFAN*, **74**, 385 p.

Doudet T., 1988. Comparaison de la tolérance au milieu lagunaire saumâtre de différentes espèces et hybrides d'*Oreochromis* pour leur utilisation en aquaculture (lagune Ebrié, Côte-d'Ivoire). *In:* Proc. Atelier International sur la Recherche Aquacole en Afrique, Bouaké, Côte-d'Ivoire, 14-17 nov. 1988, CRDI (in press).

Doudet T., M. Legendre, 1986. L'aquaculture. *In:* Aménagement de la pêche et de l'aquaculture en Côte-d'Ivoire. Cent. Rech. Océanogr., Abidjan, 109-125.

Fagade S. O., 1971. The food and feeding habits of *Tilapia* species in the Lagos Lagoon. *J. Fish. Biol.*, **3**, 151-156.

Guiral D., 1986. Modifications et transformations des écosystèmes sédimentaires par les élevages piscicoles en lagune Ebrié. *Aquaculture*, **52**, 287-302.

Hem S., 1982. L'aquaculture en enclos: adaptation au milieu lagunaire ivoirien. *Aquaculture*, **27**, 261-272.

—, 1988. First results on "acadja-enclos" used as an extensive culture system. *In:* Proc. Atelier International sur la Recherche Aquacole en Afrique, Bouaké, Côte-d'Ivoire, 14-17 nov. 1988, CRDI (in press).

Legendre M., 1983. Observations préliminaires sur la croissance et le comportement en élevage de *Sarotherodon melanotheron* (Ruppel, 1852) et de *Tilapia guineensis* (Bleeker, 1862) en lagune Ebrié (Côte-d'Ivoire). *Doc. Sc. Cent. Rech. Océanogr.*, Abidjan, **14**, 1-36.

—, 1986. Influence de la densité, de l'élevage monosexe 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., J. M. Ecoutin, 1989. Suitability of brackish water tilapia species from Ivory Coast for lagoon aquaculture. I - Reproduction. *Aquat. Living Resour.*, **2**, 71-79.

Magnet C., 1980. Développement de l'aquaculture lagunaire. Centre Technqiue Forestier Tropical, Paris, 45 p.

Magnet C., Y. S. Kouassi, 1978. Essai d'élevage de poissons en cage flottante dans les lagunes Ebrié et Aghien. Centre Technique Forestier Tropical, Paris, 49 p.

Magnet C., Y. S. Kouassi, 1979. Essai d'élevage de poissons dans les lagunes Ebrié et Aghien. Reproduction en bacs cimentés, élevage en cages flottantes. Centre Technqiue Forestier Tropical, Paris, 70 p.

McLaren P. I. R., 1949. Brackish water fish cultivation experiments at Lagos, Nigeria. *Proc. Int. W. Afr. Conf.*, **3**, 281-290.

Pauly D., 1976. The biology, fishery and potential for aquaculture of *Tilapia melanotheron* in a small West African lagoon. *Aquaculture*, **7**, 33-49.

Payne A. I., 1983. Estuarine and salt tolerant tilapias. *In:* Proc. Int. Symp. on tilapia in aquaculture, Nazareth, Israel, May 8-13, 1983, 534-540.

Philippart J. C., Ch. Melard, J. C. Ruwet, 1979. La pisciculture dans les effluents thermiques industriels. Bilan et perspectives d'une année de recherche à la centrale nucléaire de Tihange sur la Meuse. *In:* L. Calembert Ed. Problématique et gestion des eaux intérieures, Derouaux, Liège, 779-791.

Pillay T. V. R., 1965. Report to the Government of Nigeria on investigations of the possibility of brackish water fish culture in the Niger delta. *Rep. FAO/EPTA*, 1973, 1-52.

Shaw E. S., L. R. Aronson, 1954. Oral incubation in *Tilapia macrocephala*. 1 — E. S. Shaw, Embryological studies. 2 — E. S. Shaw, L. R. Aronson, Experimental studies. *Am. Mus. Nat. Hist.*, **103**, 380-415.

Sivalingam S., 1976. The biology of cultivable brackish water and marine finfish in Africa. *In:* Proc. FAO/CIFA Symp. on Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, *CIFA Tech. Pap.*, **4**, 283-291.

Smith W. N., 1965. The cultivation of *Tilapia heudelotii* in tidal ponds. 5 p., Mimeographed. *In:* Pillay, 1965.

Weigel J. Y., 1983. La commercialisation du poisson en pays lagunaire. Rapport interne, Centre de Petit Bassam, Abidjan, 67 p.

Welcomme R. L., 1972. An evaluation of the acadjas method of fishing as practiced in the coastal lagoons of Dahomey (West Africa). *J. Fish. Biol.*, **4**, 39-55.

LEGENDRE M., TEUGELS G.G., CAUTY C. et JALABERT B., 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 .

Journal of Fish Biology (1992) **40**, 59–79

A comparative study on morphology, growth rate and reproduction of *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822), *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840, and their reciprocal hybrids (Pisces, Clariidae)

M. LEGENDRE*†, G. G. TEUGELS‡, C. CAUTY§ AND B. JALABERT§

**Centre de Recherches Océanographiques, BP V18, Abidjan, Ivory Coast, ‡Laboratoire d'Ichtyologie, Musée Royal de l'Afrique Centrale, B-3080, Tervuren, Belgium and §Laboratorie de Physiologie des Poissons, INRA, Campus de Beaulieu, F-35042 Rennes Cedex, France*

(*Received 12 April 1991, Accepted 2 July 1991*)

Successful reciprocal hybridizations between *Clarias gariepinus* and *Heterobranchus longifilis* were performed during three experiments. The reciprocal hybrids were viable, their survival rates being similar to those found in the maternal species. Hybrid morphology was intermediate to that of the parents. No difference in external morphology was found between the reciprocal hybrids. Growth rate comparison under the same conditions and over a period of 307 days, revealed a considerably faster growth for *H. longifilis* than for *C. gariepinus*, and demonstrated the importance of the use of the former species in fish culture. Hybrid growth rates were similar to that of *H. longifilis*, although during one of the experiments female *H. longifilis* × male *C. gariepinus* hybrids displayed an even faster growth than *H. longifilis*.

A detailed study on reproduction indicated that female *C. gariepinus* mature earlier (5–7 months) than female *H. longifilis* (12–14 months). In the reciprocal hybrids, female first sexual maturity was attained at 20–21 months. Both reciprocal hybrids and parental species displayed an equilibrated sex ratio. Macroscopical and microscopical observations revealed numerous abnormalities in gonadal development of the hybrids. GSI and fecundity in female hybrids were considerably lower than those found in the parental species. Moreover, intra-ovarian tumors occurred in 20% of the hybrids. In hybrid males, GSIs were generally higher than those found in the parental species, but the spermatozoa concentration in the semen was about 100 times less. Despite these abnormalities, viable larvae, resulting from F2 and backcross fertilizations, were obtained.

Key words: Africa; *Clarias gariepinus*; *Heterobranchus longifilis*; hybridization; morphology; growth; reproduction.

I. INTRODUCTION

Clariid catfishes occur both in south-east Asia and in Africa. The highest generic diversity is found on the African continent where some 14 genera have been reported (Teugels, 1986*a*) against two in south-east Asia. In both continents, Clariidae are of great economic importance as food fish. For several years, species of the genus *Clarias* Scopoli, 1777 have been used in local fish culture where they proved to be a fast growing protein source. In south-east Asia, especially *Clarias batrachus* (Linnaeus, 1758) and to a lesser extent *C. macrocephalus* Günther, 1864 have been used, while in Africa *C. gariepinus* (Burchell, 1822) (with its junior synonyms *C. lazera* Valenciennes, 1840 and *C. mossambicus* Peters, 1858 see Teugels, 1982, 1986*b*) has generally been propagated.

†Present address: Centre ORSTOM, BP 5045, F-34032 Montpellier Cedex 1, France.

0022–1112/92/010059+21 $03.00/0 © 1992 The Fisheries Society of the British Isles

Another African clariid, *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840, was introduced to aquaculture in the Ivory Coast a few years ago. The results obtained so far are most promising: *H. longifilis* is a very hardy, omnivorous fish, whose potential growth rate is one of the fastest yet observed amongst African fish species tested in aquaculture. It also proved to be highly suitable for brackish water culture up to 10 g l^{-1} salinity (Legendre, 1983, 1991).

As interspecific cross-breeding in fish may lead to hybrids with valuable characteristics for culture (sterility, monosex population, heterosis for disease resistance or growth rate ...), it was decided to evaluate the potential interest of an artificial hybridization between *C. gariepinus* and *H. longifilis*. In contrast with the abundant literature on hybridizations in other cultured fish families, in particular cichlids, salmonids, cyprinids and ictalurids (for review see Sneed, 1971; Moav, 1976; Wohlfarth & Hulata, 1981; Chevassus, 1979, 1983), reports on hybridization of clariid species are rather scarce.

Previous investigations on hybridization among Asiatic clariids involved *C. macrocephalus* and *C. batrachus* (Boonbrahm *et al.*, 1977), *C. batrachus* or *C. macrocephalus* × *Pangasius sutshi* (Tarnchalanukit, 1986) and *C. batrachus* × *Heteropneustes fossilis* (Mukhopadathy & Dehadrai, 1987). The only paper on hybridization among African clariids involves the same two species as in our investigation, *C. gariepinus* females were crossed with a male of *H. longifilis* (Hecht & Lublinkhof, 1985). However, except for a general description of larval morphology and a short-term comparison of growth rates between the hybrid and the female parent, no information is given on other hybrid characters. The question of possible sterility of the hybrid remained unanswered.

In the present paper, reciprocal hybridization between *C. gariepinus* and *H. longifilis* is reported. The morphology of the F1 hybrids is described and their viability and growth rates are compared to those of both parental species over a 10 month period. Sex ratio, as well as weight and age at first sexual maturity, are given for parents and hybrids. Finally, the fertility of the hybrids is examined in terms of gametogenesis efficiency and gamete viability.

A karyological analysis and a study of enzymatic polymorphism of the hybrids are presented in two other papers (Teugels *et al.*, 1992*a*,*b*).

II. MATERIALS AND METHODS

Three hybridization experiments were performed in March 1987, April 1988 and May 1989 at the Layo aquaculture research station, located 40 km west of Abidjan on the edge of the Ebrié lagoon (Ivory Coast).

In this area, four climatic seasons are distinguished: a major dry season from December to April, a major rainy season from May to July, a minor dry season from August to September and a minor rainy season from October to November. The water characteristics at the station are strongly influenced by the vicinity of the Agneby River estuary in the Ebrié lagoon and the season. Water salinity is lowest (0 to 4 g l^{-1}) from June to December, while its maximum (6 to 10 g l^{-1}) occurs between January and May. The water temperature fluctuates yearly between 25 and 32° C with a minimum corresponding to the major rainy season. Water pH generally ranges between 6·5 and 7·5.

H. longifilis brooders used in these experiments came from a second generation of domesticated fish spawned at Layo, that descended originally from wild stocks that spontaneously colonized the fish ponds of the station in 1982 (Legendre, 1983). *C. gariepinus* brooders were obtained from the experimental fish culture station of the Institut des

Savannes (IDESSA) at Bouaké, Ivory Coast. Specimens of brooders from both species, as well as several specimens of their reciprocal hybrids were deposited in the Musée Royal de l'Afrique Centrale (MRAC) Tervuren and in the Muséum National d'Histoire Naturelle (MNHN) Paris. *Clarias* specimens were identified following Teugels (1986*b*), while *Heterobranchus* specimens were named after Teugels *et al.* (1990).

Oocyte maturation and ovulation were induced following treatments established previously for each species. In *H. longifilis*, a single injection of human chorionic gonadotropin (HCG) at a dose of 1·5 IU per g B.W. was used (Legendre, 1986). *C. gariepinus* females were injected either with carp pituitary suspension (4 μg per g B.W.; see Hogendoorn & Vismans, 1980) or with HCG (4·0 IU per g B.W.; see Eding *et al.*, 1983). Depending on water temperature and hormone used, latency time between injection and stripping of females followed the recommendations made by these authors. Methods of choice of brooders, sperm collection, artificial fertilization and egg incubation were described previously (Legendre, 1986).

In each experiment, hybrids and control groups were produced on the same day and from the same parents by fertilizing pooled eggs from three females using pooled semen from three males. The success of each cross, intra- or interspecific, was evaluated by the percentages of normal larvae obtained after hatching from control aliquots of 200–300 eggs (two replications per cross).

One or two days after hatching, batches of normal larvae were sorted, counted and transferred into the rearing facilities. Growth rates and survivals of the four groups (both parental species and reciprocal hybrids) were compared in separate tests.

In 1987, batches of 3500 larvae (four replications per group) were placed in 4 m^2 outdoor concrete tanks (0·5 m depth) supplied with lagoon water. The fry were fed daily with live zooplankton collected from ponds and received a supplementary ration of a trout starter (Trouvit 000) distributed *ad libitum* four times per day. After 15 days the tanks were emptied, the surviving fry counted and samples of 30 fish per tank weighed individually to the nearest 0·1 mg. The fry were then returned to their tank for 6 weeks during which they were fed with a 45% crude protein pelleted feed distributed twice per day at a daily rate of 10% of fish biomass. Samples of 30 to 50 fish per tank were weighed weekly ($W \pm 0{\cdot}01$ g) to establish growth curves and readjust the feeding ration.

The growth comparison was ended after 57 days. Two populations of approximately 250 specimens of *H. longifilis* and *H* × *C* hybrid* were isolated for the reproduction study (no survivors remained in the two other groups, see results). They were reared separately in concrete tanks up to 28 months of age and received a 35% protein pelleted feed distributed twice a day at a daily rate of 3% of fish biomass. Periodically, three to five males and seven to 10 females of each group were killed for examination of gonad development.

In 1988, larvae were reared in troughs supplied with lagoon water and fed with *Artemia salina* nauplii. This was unsuccessful due to problems of water quality. Only a few tens of fish of each group, very mixed in size, survived after 15 days. Therefore, no rigorous growth comparison could be made. The fish were reared for 15 months in the concrete tanks and then killed for gonad examination at the same time as fish from the 1987 experiment.

In 1989, batches of 800 larvae (two replications per group) were placed separately in 60 l tanks of a tapwater recirculating system. The fry were fed *ad libitum* six times per 24 h with *Artemia salina* nauplii. From day 9, artificial feeding (Trouvit 000) was introduced and progressively replaced *Artemia* nauplii. After 2 weeks, the surviving larvae were counted and their mean weight determined to the nearest 0·1 mg from samples of 30 individuals per tank. Then, the fish of each group were pooled, and tranferred to the 4 m^2 outdoor tanks for a transitory growth period. They were fed six times per day with trout pellets at a daily rate of 20% of fish biomass.

On day 53, all the fish were counted again and samples of 40 fish per group were weighed individually ($W \pm 0{\cdot}1$ g). Then, trying to respect the original mean weight, each population was sorted by discarding smaller and bigger fish in order to constitute duplicate batches of 36 individuals of each group. This was done in order to avoid possible bias on survival and growth rates due to cannibalism. All the selected fish were weighed and returned to the

*Hybrid crosses are given throughout with the female parent in the first position and species names abbreviated by the first letter of their generic name.

concrete tanks for initiation of the grow-out trial. They were then fed with a locally made 45% protein pelleted feed distributed four times per day at a daily rate of 5% of fish biomass. The daily ration was reduced to 4% after 126 days of grow-out.

Every 14 days, all the fish from each tank were weighed individually ($W \pm 1$ g) and the feeding ration readjusted. After 254 days of grow-out, they were killed for sex ratio determination and examination of gonad development. The feed conversion ratios were calculated for the entire grow-out period by the following relation: total weight of distributed feed/total gain in fish biomass.

During the three experiments, body weight of each individual was determined to the nearest 1 g. The gonads were checked macroscopically for maturity stage and then weighed to the nearest 0·01 g for gonado-somatic index (GSI) calculation (gonad weight/total body weight × 100). In females, individuals with ovaries containing oocytes in advanced vitellogenesis were considered as maturing and those with ovaries containing post-vitellogenic oocytes (diameter > 1 mm) were considered as mature. In males, the presence of intratesticular sperm was the criterion of full maturity.

The weight and age at first sexual maturity were defined as the weight or age at which 50% of the fish reached an advanced maturity stage. In the first experiment, this was determined directly from observations made on fish killed periodically. In the second and third experiments, first maturity was determined in females by periodically checking oocyte development in samples obtained by *in vivo* intra-ovarian biopsy with a plastic catheter.

Fecundity was determined from preserved ovaries sampled from mature females. It was defined as the number of oocytes belonging to the largest diameter modal group. The spermatozoa concentration was determined using a Thomas's hematimeter after dilution (dilution rate of $2 \cdot 10^{-3}$ to $2 \cdot 10^{-2}$) of intratesticular semen in an 0·9% NaCl solution. For histological examination, central parts of gonads were fixed in Bouin fluid, dehydrated and embedded in paraffin. Sections of 5 to 10 μm were stained with Regaud hematoxylin, orange G, and anilin blue (Gabe, 1968).

After induction of ovulation in three hybrid females with a single HCG injection at a dose of 2·5 IU per g B.W., the viability of hybrid gametes was evaluated through hatching rates of hybrid eggs fertilized either with hybrid sperm (F2) or with sperm of parents (backcross). Simultaneously, the fertilizing ability of hybrid spermatozoa was tested in reciprocal backcrosses with *H. longifilis* and *C. gariepinus* eggs. Intraspecific fertilizations served as controls. A pool of gametes from three males and three females was always used, except in the case of hybrid females for which eggs were tested separately.

STATISTICAL ANALYSES

Paired data were analysed by Student's *t*-test and multiple means were treated by one-way or two-way (replicates × treatments) analyses of variance followed by Duncan's multiple-range test. When necessary, analyses were performed after logarithmic transformation for weights or angular transformation for survival rates in order to stabilize residual variance. In text and tables, means are given with the confidence interval at 5% probability.

III. RESULTS

INCUBATION TIME AND HATCHING RATES

Hatching took place at approximately the same time for *C. gariepinus*, *H. longifilis* and their reciprocal hybrids, and was completed after 24 to 25 h post-fertilization at a temperature of 27–29° C. Hatching rates and proportions of deformed larvae in the three experiments (Fig. 1) showed that cross-fertilization between *C. gariepinus* and *H. longifilis* led to normal embryonic development. Proportions of deformed larvae in the hybrids were similar to those found in their maternal parent. Differences in hatching rates were greater between both parental species than between pure species and hybrids obtained from the same eggs. This shows that hatching rates were determined mostly by egg quality.

Aquat. Living Resour., 1989, **2**, 71-79

Suitability of brackish water tilapia species from the Ivory Coast for lagoon aquaculture. I - Reproduction

Marc Legendre [1] and Jean-Marc Ecoutin [2]

[1] *ORSTOM/Centre de Recherches océanographiques, BP n° V 18, Abidjan, Côte d'Ivoire.*
[2] *ORSTOM, 2051, avenue du Val-de-Montferrand, BP n° 5045, 34032 Montpellier cedex, France.*

Received October 10, 1988; accepted January 9, 1989.

Legendre M., J.-M. Ecoutin. *Aquat. Living Resour.*, 1989, **2**, 71-79.

Abstract

The main characteristics of the reproductive biology of *Tilapia guineensis* and *Sarotherodon melanotheron* have been studied in Ebrié lagoon (Ivory Coast), with a comparison between natural and cultured populations. In this lagoon, the two species breed throughout the year without interruption. However, seasonal variations in the intensity of the sexual activity have been observed and are more pronounced at the Layo aquaculture station, where the hydroclimate is more unstable than in other lagoon sectors studied. The proportion of mature individuals, the mean GSI, the relative fecundity and the spawning frequency are higher during the dry season than during the rainy season. In rearing enclosures, both species reach sexual maturity at a smaller size, and produce smaller but more numerous oocytes than in the wild. On the other hand, the relationship between the spawn weight and the female body weight are remarkably similar under both situations. For *S. melanotheron*, which is a male mouthbreeder, the number of brooded eggs or fry is positively related to the male body weight. In 2 m^3 concrete tanks, the mean elapsed time between two successive spawnings is about 2 weeks for *S. melanotheron* and about 3 weeks for *T. guineensis*.

Keywords : *Tilapia guineensis*, *Sarotherodon melanotheron*, reproduction, aquaculture, brackish water, Ivory Coast.

Potentiel aquacole des tilapias lagunaires de Côte-d'Ivoire. I-Reproduction.

Résumé

Les principales caractéristiques de la reproduction de *Tilapia guineensis* et de *Sarotherodon melanotheron* ont été étudiées en lagune Ebrié, avec une comparaison entre population naturelle et population d'élevage. Dans cette lagune, les deux espèces se reproduisent sans interruption tout au long de l'année. Des variations saisonnières dans l'intensité de l'activité sexuelle sont toutefois mises en évidence et apparaissent plus marquées à la station d'aquaculture de Layo, où l'hydroclimat est plus instable que dans les autres secteurs lagunaires étudiés. La proportion d'individus matures, le RGS moyen, la fécondité relative et la fréquence des pontes sont plus élevés en saison sèche qu'en saison des pluies. En enclos d'élevage, les deux espèces parviennent à maturité à une taille inférieure, et produisent des ovocytes plus petits et plus nombreux que dans le milieu naturel. En revanche, les relations entre poids de ponte et poids de femelle sont remarquablement voisines pour les deux milieux. Pour *S. melanotheron*, chez lequel le mâle pratique l'incubation buccale, le nombre d'œufs ou d'alevins incubés est corrélé positivement au poids des mâles. En bassins cimentés, l'intervalle de temps moyen séparant deux pontes successives est d'environ 2 semaines chez *S. melanotheron* et 3 semaines chez *T. guineensis*.

Mots-clés : *Tilapia guineensis*, *Sarotherodon melanotheron*, reproduction, aquaculture, eau saumâtre, Côte-d'Ivoire.

INTRODUCTION

Tilapia guineensis and *Sarotherodon melanotheron* are typical estuarine species which can be found in abundance in most of the lagoons and estuaries of West Africa. They can live and reproduce in a wide range of salinities, from 0 to 90 g.l^{-1} (Albaret, 1987). Related to the wide surface area (1 200 km^2) of Ivory Coast's coastal lagoons, these fishes have a great economic importance, ranking among the major species caught within the lagoon fisheries (Durand and Skubich, 1982). They are also recognised as being of potential interest for aquaculture (Sivalingam, 1976; Pauly, 1976; Legendre, 1983), a point which has been further evaluated recently by various rearing trials (Legendre *et al.*, 1989).

Behavioural patterns related to reproduction and to parental care lavished on eggs and fry establish a clear distinction between *Tilapia guineensis* and *Sarotherodon melanotheron;* in a more general way these patterns represent one of the distinctive criteria between both genera, *i.e. Tilapia* and *Sarotherodon* (Trewavas, 1982).

– *T. guineensis* is a substrate-spawner. At spawning time, *T. guineensis* builds a nest in which it will closely watch the eggs and later the fry, thus limiting the action of possible predators. The nests, which are built by sucking up sediment and spitting it out around the site, have an aspect which varies according to the nature of the substrate on which they are based. On a sand bed, the nests have the shape of a basin, whereas on a harder substrate (e. g. hard silt) their structure is more complicated, including galleries excavated in the sediment. In lagoon enclosures (Hem, 1982), these galleries can reach impressive dimensions (up to 1 m deep), which limits the possibilities of rearing *T. guineensis* in such facilities (Legendre, 1983). When the substrate is not suitable for building a nest, e. g. in concrete tanks, the eggs are simply laid on the wall of the tank to which they adhere. It should be noted that eggs stuck on hard substrates have also been observed in enclosures, which shows that *T. guineensis* has a great capacity to adapt its reproductive behaviour to the environment.

– *S. melanotheron* is a mouth-breeder. At spawning time, *S. melanotheron* builds only slight depressions on the surface of the sediment; the eggs are laid and fertilized in these depressions and are taken into the mouth by the male shortly thereafter (Aronson, 1949). The hatching of eggs takes place in the buccal cavity and this mouth brooding behaviour continues until complete absorption of the yolk sac.

Although the reproduction of *S. melanotheron* has been widely studied (*see* Trewavas, 1983 for review), most of the work has been focused on behaviour observed under experimental conditions in aquaria. Data on the reproductive biology of *S. melanotheron* and *T. guineensis* in their natural West African environment are by contrast rather scarce (Pauly, 1976; Fagade, 1979; Payne, 1983; Eyeson, 1983), and almost nonexistant for Ivory Coast brackish waters. Recently, a research program on the reproduction of both species in Ebrié lagoon has been initiated at the Abidjan Oceanographic Research Centre, with a view to obtaining information which could be useful (1) for better management of the fisheries and, (2) for mass production of fry in aquaculture.

The purpose of this paper is to present a general review of the main reproductive characteristics of both species in Ebrié lagoon, with a comparison between wild and cultured populations. Aspects investigated are: size at first sexual maturity, seasonal cycles, fecundity, oocyte weight and spawn weight, mouth brooding for *S. melanotheron*, and spawning frequency.

MATERIAL AND METHODS

The observations and experiments were carried out between 1982 and 1985 at the Layo aquaculture research station, located 40 km West of Abidjan in an oligo- to mesohaline area of Ebrié lagoon. Size at first sexual maturity, seasonal cycles and fecundity were recorded simultaneously for natural and cultured populations, whereas mouth brooding for *S. melanotheron* and spawning frequency of both species were studied only in cultured fish.

Specimens from the wild were obtained from the Western sectors of Ebrié lagoon, They were bought directly from artisanal fishermen soon after being caught, and then treated at the laboratory the same day. The hydroclimate of the lagoon sectors studied, permanently oligohaline, have been extensively described in previous papers (Durand and Skubich, 1982; Durand and Chantraine, 1982).

In culture, individuals of various sizes of both species were mixed together in a 625 m^2 enclosure, at an initial stocking rate of 5 fish per m^2. They were fed with a 31% crude protein pelleted feed (Legendre, 1983), distributed twice daily, six days a week, with a daily rate fixed at 5% of the total fish biomass.

During a 16 month period, specimens of both species (usually more than 30 fish) were sampled monthly both in the wild and in enclosures. Fork length and body weight of each individual were determined to the nearest 1 mm and to the nearest 1 g respectively. The gonads were checked macroscopically for maturity stage and then removed and weight to the nearest 0.01 g for gonado-somatic index (GSI) calculation (gonad weight/total body weight × 100).

The maturity scale used for the determination of sexual stages by macroscopic examination of the ovaries was primarily established after characterization of each stage by the GSI, the size-frequency distribution of intraovarian oocytes and the histological appearence of the gonads. That scale includes seven stages:

– stage 1: immature;
– stage 2: in beginning maturation;
– stage 3: in maturation;
– stage 4: in advanced maturation;
– stage 5: ripe, oocytes can be expelled by a gentle pressure on the abdomen;
– stage 6-2: post-spawning;
– stage 6-3: recovery of maturation after spawning.

Besides the general aspect of the gonads, stages 6-2 and 6-3 are distinguished from stages 2 and 3 respectively by the presence of large-sized atretic residual oocytes, visible only in post-spawned individuals.

In the males, as the testis always remain very small, particularly for *S. melanotheron* (Peters, 1971), only three stages were considered:

– stage 1: immature;
– stage 2: maturing (absence of intratesticular sperm);
– stage 3: mature (presence of intratesticular sperm).

The size at first sexual maturity (L_{50}) was defined here as the fork length at which 50% of the fish are at an advanced stage (superior or equal to stage 3 of the maturity scale) of the first sexual cycle. Moreover, in order to define the spread of the size range in which first maturity is likely to take place, it is useful to determine, besides the L_{50}, the length of the smaller-sized mature fish as well as the size at which most of the fish (95%) are in an advanced maturity stage.

The fecundity was determined from preserved ovaries sampled from females at an advanced maturation stage (stage 4); in this case, fecundity represents the number of oocytes belonging to the largest diameter modal group which corresponds approximately to the number of eggs which would have been laid. The average oocyte weight was determined by weighing (to the nearest 1 mg) 50 oocytes for *S. melanotheron* and 100 oocytes for *T. guineensis*. The spawn weight (in fact it is more precisely the total weight of oocytes to be laid) was calculated as following: fecundity × average oocyte weight. Since that calculation is only meaningful for fish in which oocyte growth has been completed, only female fish having a GSI superior to 5 for *S. melanotheron* and superior to 7 for *T. guineensis* were taken into account for this study.

In order to evaluate the efficiency of oral incubation in *S. melanotheron*, the relationship between the number of brooded eggs or fry and the weight of the brooding male has been studied from 127 fish belonging to the enclosure population. The brooding males, identified underwater with scuba by their characteristic pouch under the lower jaw, were caught individuallly with a cast-net and quickly placed into a basin, where the eggs or fry were generally released out immediately. The progeny were subsequently totally counted, including the eggs or fry that could have been swallowed.

The spawning frequency, *i.e.* the elapsed time between two successive spawnings, was studied with three pairs of *S. melanotheron* and three pairs of *T. guineensis*. Each pair, composed of breeders weighing between 120 and 280 g on the average and fed with a 31% crude protein pelleted feed, was placed in a 4 m^2 concrete tank with a 0.5 m depth, and observed for a period varying between 398 and 601 days. Every week the tanks were drained and the spawns recorded (brooding male for *S. melanotheron* and eggs stuck on the walls of the tanks or schooling fry for *T. guineensis*). The actual date of spawning was estimated on the basis of the degree of development of the collected eggs or fry. In all cases the eggs were removed from the tanks as well as from the males' mouth (for *S. melanotheron*).

RESULTS

Size at first sexual maturity

The progressive sexual maturation of *T. guineensis* and of *S. melanotheron* in relation to their growth is plotted in *figure* 1, both for the natural and reared populations. The size of the smaller-sized mature fish caught during samplings, as well as the L_{50} and the L_{95}, determined graphically, are given in *table* 1.

In enclosure conditions, *S. melanotheron* females reach maturity at a much smaller size (140 mm) than under natural conditions (176 mm). For *T. guineensis*, although the L_{50} is nearly the same in the lagoon and in the rearing environment (159 and 154 mm respectively), a larger proportion of small-sized sexuality active fish can be observed in the enclosures (*fig.* 1). For both species, the size at first sexual maturity of males and females appears to be very similar, as is seen in the enclosure population results (*table* 1).

Seasonal cycle

Lagoon tilapias reproduce throughout the year, without a distinct reproductive season. Both under natural and rearing conditions, a high proportion of maturing fish (between 40 and 90%) were always observed in the monthly samples.

In the lagoon environment, the evolution of the average monthly GSI does not show a seasonal variation in the intensity of sexual activity in either *S. melanotheron* or *T. guineensis*; however, the average monthly GSI varies much more clearly among the fish population of the Layo station (*fig.* 2). In the case of *S. melanotheron*, sexual activity appears to be higher during the dry and hot season (January to April) than during the rainy season (June to August). In the case of *T. guineensis*, this trend is similar

Table 1. – Size (for length) at first sexual maturity for natural and reared populations of *S. melanotheron* and *T. guineensis*. SSMF: smaller-sized mature fish; L_{50}: size at which 50% of the fish are sexually mature; L_{95}: size at which 95% of the fish are sexually mature.

Species	Origin	Sex	Nb of fish observed	SSMF (mm)	L^{50} (mm)	L^{95} (mm)
S. melanotheron	Enclosure	F	783	100	140	180
		M	211	105	138	200
	Lagoon	F	365	146	176	223
		M	96	148	(1)	(1)
T. guineensis	Enclosure	F	628	100	154	195
		M	358	99	152	215
	Lagoon	F	620	130	159	197
		M	128	123	(1)	(1)

(1) non available data

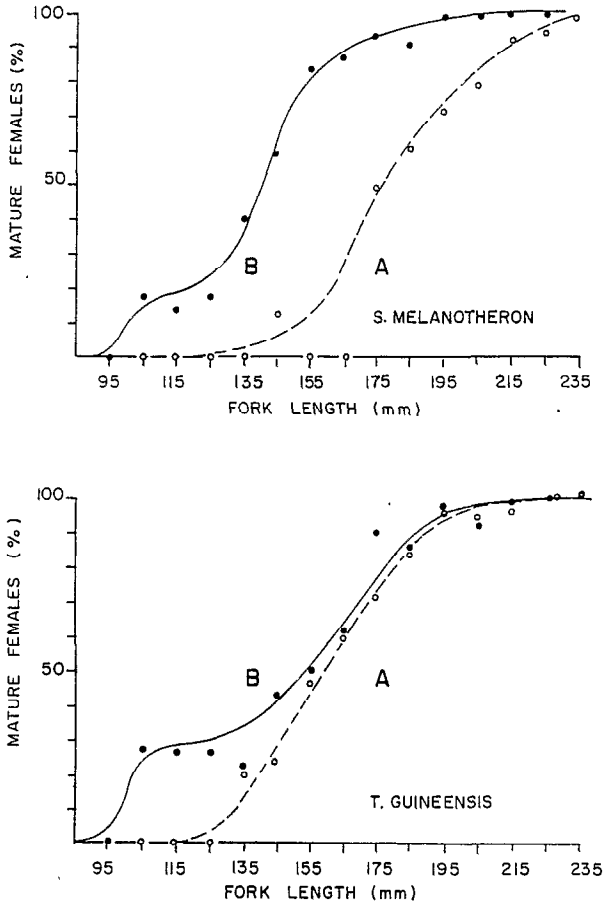


Figure 1. – Size at first sexual maturity of females for natural and reared populations of *S. melanotheron* and *T. guineensis*. A: lagoon; B: enclosure.

although less obvious than for *S. melanotheron* during the second half of the observation period (*fig.* 2).

Fecundity, oocyte weight and spawn weight

In all our species/environment combinations, both fecundity and spawn weight were significantly correlated with the female body weight (*fig.* 3). However, in all cases a stronger relationship exists between spawn weight and body weight than between fecundity and body weight (*table* 2).

Interesting differences in the reproductive strategy of *S. melanotheron* and of *T. guineensis* have also been noticed between natural and reared populations. For the same female weight, oocytes produced under enclosure conditions are smaller but more numerous than under natural conditions. On the other hand, the relationship between spawn weight and female body weight is similar in both environments (*fig.* 3; *table* 2).

Mouth brooding for *S. melanotheron*

A significant correlation ($r=0.793$) between the number of brooded eggs or fry and the weight of the brooding male was noticed (*fig.* 4). The linear regressions between the number of brooded eggs or fry and the male body weight on one hand, and between the fecundity and female body weight on the other hand, have been statistically compared using the Reeve multiple comparison of regression lines. No differences between the slopes were found, but the intercepts differed significantly ($p<0.01$). Therefore, the two regression lines can be considered as parallel.

Spawning frequency in concrete tanks

For the isolated pairs reared in 2 m^3 concrete tanks, the elapsed time between two successive spawnings is about 2 weeks for *S. melanotheron* and about 3 weeks for *T. guineensis* (*table* 3). The spawning frequency appears to be less regular for *T. guineensis* since rather long "resting periods" – up to 126 days –, were observed. The seasonal evolution of the average number of spawnings per month (*fig.* 5) shows a clear

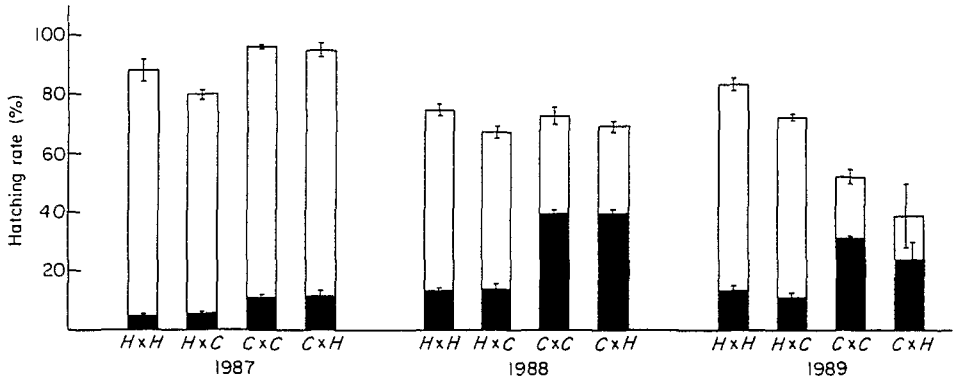


FIG. 1. Mean hatching rates (normal, □ + deformed, ■ larvae) of *H. longifilis* (*H* × *H*), *C. gariepinus* (*C* × *C*) and their reciprocal hybrids in the 1987, 1988 and 1989 experiments. Vertical bars indicate range of replicates.

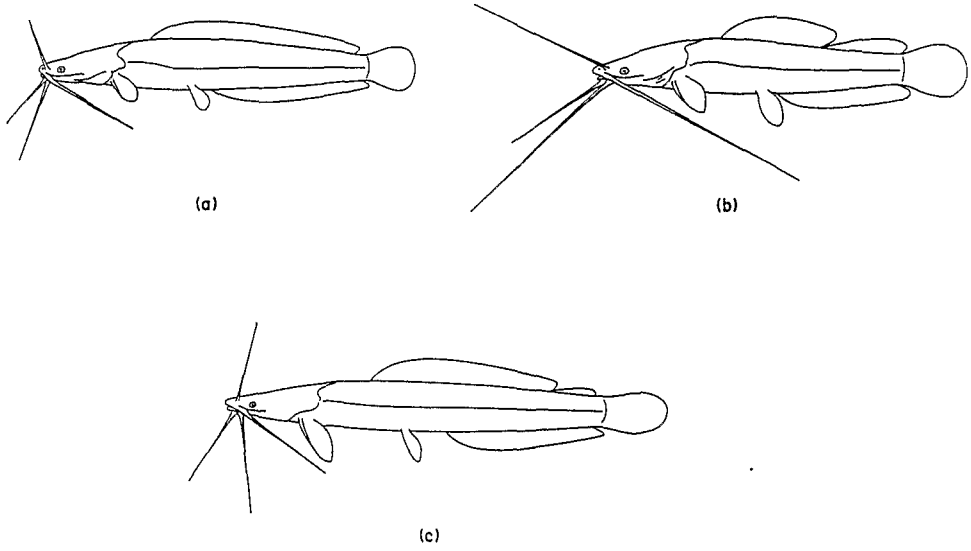


FIG. 2. Schematic outline of (a) *Clarias gariepinus*, (b) *Heterobranchus longifilis* and (c) their hybrid.

Contrary to the results of Hecht & Lublinkhof (1985), no differences were found in the size of newly hatched larvae either from pure species or from hybrids, the mean total length of the different larval groups ranging between 4·5 ± 0·1 mm and 4·6 ± 0·1 mm on the day of hatching and between 7·1 ± 0·1 mm and 7·3 ± 0·2 mm after 2 days.

MORPHOLOGY AND COLORATION

External morphological descriptions for *C. gariepinus* and *H. longifilis* are given in Teugels (1986*b*) and Teugels *et al.* (1990) respectively. We refer to these papers for details. A schematic illustration of both species and their hybrids is given in Fig. 2.

TABLE I. Measurements and meristic counts for specimens of reciprocal hybrids of *Clarias gariepinus* and *Heterobranchus longifilis*

	H × *C*				*C* × *H*			
	n	min	max	*m*	*n*	min	max	*m*
Total length (T.L.) (mm)	17	75	560	—	5	108	208	—
Standard length (S.L.) (mm)	17	64	485	—	5	91	177	—
Body depth at anus (% S.L.)	6	12·8	17·9	14·1	5	13·6	14·7	14·0
Caudal peduncle depth (% S.L.)	6	7·9	10·4	9·1	5	8·8	9·8	9·3
Head length (HL) (% S.L.)	17	27·3	34·0	29·6	5	27·3	32·5	30·8
Head width (% S.L.)	7	18·9	24·2	20·8	5	19·0	22·0	20·4
Snout length (% H.L.)	7	21·9	27·2	23·5	5	24·0	25·3	24·4
Interorbital distance (% H.L.)	7	37·1	44·9	42·1	5	39·7	41·3	40·5
Nasal barbel length (% H.L.)	7	25·5	63·8	—	5	54·4	61·9	—
Maxillary barbel length (% H.L.)	6	102·6	118·1	—	5	94·4	125·3	—
Internal mandibulary barbel L (% H.L.)	6	46·2	63·4	—	5	54·4	62·1	—
External mandibulary barbel L (% H.L.)	6	67·7	92·9	—	5	83·6	97·1	—
Premaxillary width (% H.L.)	7	28·6	31·9	30·0	5	27·3	30·5	29·5
Vomerine width (% H.L.)	5	22·7	27·7	25·2	5	24·3	25·5	24·9
Predorsal distance (% S.L.)	7	31·8	37·9	35·3	5	32·5	37·6	35·7
Preanal distance (% S.L.)	7	55·9	62·0	57·9	5	55·5	59·5	58·1
Prepelv. distance (% S.L.)	7	47·2	53·0	49·5	5	45·5	51·5	48·6
Prepect. distance (% S.L.)	7	21·6	26·5	24·3	5	24·7	29·5	27·2
Dorsal fin length (% S.L.)	10	44·3	50·7	48·7	5	44·6	49·0	46·6
Adipose fin length (% S.L.)	15	14·1	19·4	17·3	5	13·6	16·8	15·7
Pectoral spine length (% S.L.)	5	7·3	10·9	8·9	5	7·6	9·9	8·9
Pectoral fin length (% S.L.)	7	13·0	14·7	13·7	5	13·8	15·4	14·5
Pelvic fin length (% S.L.)	7	10·6	12·4	11·4	5	9·7	13·6	11·3
Anal fin length (% S.L.)	7	37·9	44·5	41·6	5	38·8	42·6	41·1
Dorsal fin rays	5	46	54	—	5	43	48	—
Vertebrae	5	58	62	—	3	56	59	—
Extended neural spines	4	15	17	—	4	15	16	—
Gill rakers on first arch	10	19	40	—	5	27	35	—

H. longifilis differs from *C. gariepinus* mainly by the presence of a large adipose fin (24·3–32·8% S.L.) (absent in *C. gariepinus*), supported by 21 to 27 extended neural spines; a shorter dorsal fin (26·9–34·1% S.L. *v.* 56·6–67·4% S.L.); fewer dorsal fin rays (26–35 *v.* 61–79) and fewer gill rakers on the first branchial arch (16–29 *v.* 24–110).

The hybrids between the two species displayed an intermediate condition for the characters listed above: a small adipose fin (13·6–19·4% S.L.) is present and supported by 15 to 17 extended neural spines; the dorsal fin length ranges between 44·3 and 50·7% S.L. with 43 to 54 rays; the number of gill rakers ranged between 19 and 40, increasing with the standard length. The most important morphometric and meristic characters for the reciprocal hybrids are listed in Table I. Except for differences in barbel lengths and gill raker number related to the different sizes of both samples and to allometric variation, both hybrid groups show a nearly identical external morphology.

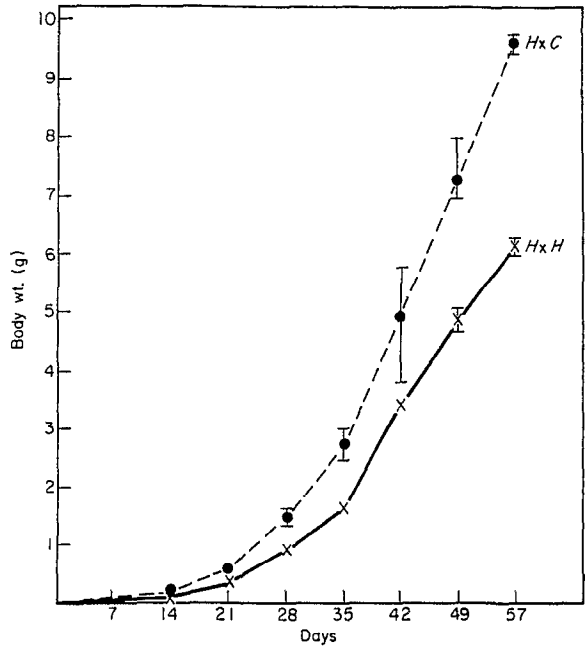


FIG. 3. Growth of *H. longifilis* ($H \times H$) and $H \times C$ hybrids ($H \times C$) in the 1987 experiment. Vertical bars indicate range of replicates.

All *Clarias* specimens had a marked marbled coloration. About 80% of the *Heterobranchus* specimens offered a uniform greyish colour, while the remaining 20% showed a slightly marbled colour. For $H \times C$ hybrids, 57% were slightly marbled, 39% had a markedly marbled colour pattern and 4% were uniform greyish. For $C \times H$ hybrids, however, about 30% were slightly marbled while some 70% were strongly marbled. Not a single $C \times H$ hybrid had a uniform coloration. The reciprocal hybrids therefore displayed a colour pattern, intermediate to that of the parental species, but with an apparent maternal influence. It should be noted that these colour observations were made whilst the fishes were out of the water and evidently subject to stress conditions.

SURVIVAL AND GROWTH RATES

In April 1987, at the end of yolk sac resorption (day 2), the larvae of the four groups were placed in outdoor concrete tanks filled with lagoon water, but the salinity ($8\ g\ l^{-1}$) exceeded their tolerance limits, as recently demonstrated for *H. longifilis* (Legendre, 1991). This caused total mortality, within 3 days, of both *C. gariepinus* and $C \times H$ hybrids larvae, while after 15 days, the survival rates of *H. longifilis* ($1{\cdot}8 \pm 0{\cdot}9\%$) and $H \times C$ hybrids ($6{\cdot}0 \pm 2{\cdot}8\%$) were also very low but significantly higher for the hybrid ($P < 0{\cdot}01$). Nevertheless, the growth of remaining fishes was followed up to 57 days of age. The results (Fig. 3) indicated that $H \times C$ hybrids displayed a faster growth rate than *H. longifilis*. The difference in mean weight was already significant after 14 days (201 ± 28 mg against 96 ± 10 mg). At the end of the experiment, after 57 days, the mean weight was $9{\cdot}6 \pm 0{\cdot}9$ g for the $H \times C$ hybrid and $6{\cdot}1 \pm 0{\cdot}8$ g for *H. longifilis*.

TABLE II. Mean body weight and survival rates for *H. longifilis* ($H \times H$), *C. gariepinus* ($C \times C$) and their reciprocal hybrids after 15 and 53 days of age in the 1989 experiment

Fish group	Day 15†		Day 53‡	
	Body wt. (mg)	Survival (%)	Body wt. (g)	Survival (%)
$H \times H$	$76{\cdot}5 \pm 7{\cdot}4^{a}$	$81{\cdot}6^{a}$	$5{\cdot}9 \pm 0{\cdot}7^{a}$	$67{\cdot}7^{a}$
$H \times C$	$86{\cdot}7 \pm 8{\cdot}9^{a}$	$93{\cdot}6^{b}$	$6{\cdot}7 \pm 0{\cdot}9^{a}$	$65{\cdot}5^{a}$
$C \times C$	$76{\cdot}6 \pm 15{\cdot}7^{a}$	$16{\cdot}6^{c}$	$4{\cdot}4 \pm 1{\cdot}2^{b}$	$7{\cdot}1^{b}$
$C \times H$	$84{\cdot}7 \pm 15{\cdot}9^{a}$	$18{\cdot}2^{c}$	$6{\cdot}7 \pm 1{\cdot}6^{a}$	$6{\cdot}3^{b}$

Figures with same superscripts in the same column are not significantly different ($P < 0{\cdot}05$).
†Means of duplicates.
‡Single observations.

These results were not confirmed in the 1989 experiment since after 15 days of larval rearing in recirculating tap water, no difference was found in the mean weight of larvae whatever the species or hybrid considered (Table II). At this stage, the survival rate was higher for *H. longifilis* and $H \times C$ hybrids (81·6 and 93·6%, respectively) than for *C. gariepinus* and $C \times H$ hybrids (16·6 and 18·2%, respectively). This could be related to the poor quality of the *Clarias* eggs obtained after hormonal treatment in this experiment (Fig. 1).

After 53 days, a maternal effect was still observed in fish survival rates (Table II). At that time, the mean weights already indicated a slower growth rate for *C. gariepinus* ($P < 0{\cdot}05$), while no statistical difference could be shown between *H. longifilis* and both hybrids' growth rates (Table II).

Because of this initial growth difference, but also due to the size segregation performed on day 53 (slight changes in mean weights and reduction of population heterogeneity), the mean initial weights of the fish selected for the grow-out trial were not equivalent in all groups (Table III). Except for both hybrids, which remained of equivalent initial weights, growth rates during grow-out could therefore not be compared directly on a final weight basis. This comparison necessitated the use of specific growth rate (SGR) [$\mathrm{SGR} = (\ln W2 - \ln W1) \times 100/t$] or relative weight gain (RWG) [$\mathrm{RWG} = ((W2 - W1)/W1) \times 100/t$] as the growth parameters.

The results obtained for growth, food conversion ratio (FCR) and survival rate after a 254 days grow-out period are given in Table III. The corresponding growth curves are illustrated in Fig. 4.

It is clear from the data that *C. gariepinus* displayed a drastically slower growth rate than *H. longifilis* and both hybrids. This was confirmed by a significantly lower mean SGR and RWG ($P < 0{\cdot}05$).

Although $H \times C$ hybrids showed the greatest absolute weight gain, no significant growth difference was found on a SGR basis in the group constituted by *H. longifilis* and both reciprocal hybrids. However, because they were of equivalent initial weights, a direct comparison of final weight was permitted between $H \times C$ and $C \times H$ hybrids. This demonstrated a faster growth rate of the $H \times C$ hybrid

TABLE III. Initial body weight, final body weight, specific growth rate (SGR), relative weight gain (RWG), feed conversion ratio (FCR) and survival rate for *H. longifilis* ($H \times H$), *C. gariepinus* ($C \times C$) and their reciprocal hybrids in the 254 days grow-out trial of the 1989 experiment (means of duplicates) trial initiated with 53-day-old fish

Fish group	Initial wt. (g)	Final wt. (g)	SGR (% day^{-1})	RWG (% day^{-1})	FCR	Survival (%)
$H \times H$	$6{\cdot}3 \pm 0{\cdot}3^{a}$	694 ± 45	$1{\cdot}85^{a}$	$43{\cdot}0^{a,b}$	3·99	$95{\cdot}8^{a}$
$H \times C$	$7{\cdot}3 \pm 0{\cdot}4^{b}$	908 ± 103	$1{\cdot}90^{a}$	$48{\cdot}5^{a}$	3·97	$80{\cdot}0^{a,b}$
$C \times C$	$5{\cdot}3 \pm 0{\cdot}6^{c}$	369 ± 65	$1{\cdot}67^{b}$	$27{\cdot}4^{c}$	4·07	$53{\cdot}1^{b}$
$C \times H$	$7{\cdot}4 \pm 0{\cdot}7^{b}$	749 ± 125	$1{\cdot}82^{a}$	$39{\cdot}7^{b}$	3·91	$61{\cdot}1^{b}$

Figures with same superscripts in the same column are not significantly different ($P < 0{\cdot}05$).

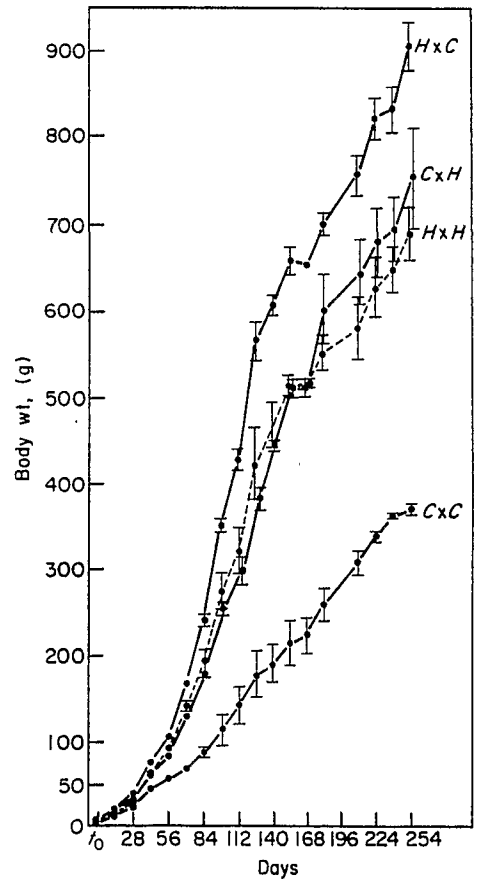


FIG. 4. Growth of *H. longifilis* ($H \times H$), *C. gariepinus* ($C \times C$) and their reciprocal hybrids in the 1989 experiment. Vertical bars indicate range of replicates.

TABLE IV. Sex-ratio (number of males/number of females) and mean body weight of females and males for *H. longifilis* ($H \times H$), *C. gariepinus* ($C \times C$) and their reciprocal hybrids after 307 days of age in the 1989 experiment (means of duplicates)

Fish group	No. of fish	Sex ratio	Body wt. (g)	
			Females	Males
$H \times H$	69	1·09	708 ± 71	681 ± 59
$H \times C$	56	1·15	890 ± 141	923 ± 152
$C \times C$	34	1·27	261 ± 98	454 ± 92
$C \times H$	44	1·00	761 ± 191	738 ± 173

($P < 0{\cdot}05$) and also indicated the low discriminating power of the statistics when data are transformed to mean SGR. After comparison on a RWG basis, unequal growth rates were also found between the two hybrid groups ($P < 0{\cdot}05$), while no significant difference was shown between *H. longifilis* and $H \times C$ hybrids (Table III).

During this investigation, the lowest survival rate was observed in *C. gariepinus* (53%) and the highest in *H. longifilis* (96%). In both hybrids, the survival rates were intermediate (80 and 61% for $H \times C$ and $C \times H$ respectively) but did not differ significantly from those found in their maternal parents. Most of the mortalities occurred during the first half of the grow-out period when the water salinity remained below 3 $g\,l^{-1}$.

Mean FCRs were similar for all groups and ranged between 3·91 and 4·07 (Table III). These high values can be explained by elevated feeding rations. In *H. longifilis*, an increase in FCR was already observed when feeding ration exceeded 3% of fish biomass for fish around 500 g mean weight (Legendre, 1991). In the present study, FCR remained below 2 until the middle of the grow-out period (126 days).

SEX-RATIO AND GROWTH COMPARISON BETWEEN SEXES

At the end of the grow-out trial, all the fish were killed for gonadal sex identification. Sex ratio did not differ significantly from 1 to 1 (Table IV).

A comparison of mean weights showed a strong differential growth related to sex, in favour of males, for *C. gariepinus* ($P < 0{\cdot}01$). No significant difference was found between male and female growth rates either for *H. longifilis* or both hybrids (Table IV).

WEIGHT AND AGE AT FIRST SEXUAL MATURITY

The temporal evolution of mean GSI and proportion of maturing females is given in Fig. 5 for *H. longifilis* and $H \times C$ hybrids spawned in March 1987. In *H. longifilis*, the first females (20%) with ovaries containing oocytes at an advanced stage of vitellogenesis were observed in late March 1988. Two months later, at the beginning of the major rainy season (June), the proportion of maturing females exceeded 80%. In $H \times C$ hybrids, the first maturing females were observed approximately one month later than in *H. longifilis*. But, the proportion of

TABLE V. Range of weight and age at which 50% females reached first sexual maturity in the three hybridization experiments carried out in 1987, 1988 and 1989

Fish group	1987*		1988†			1989†		
	Body wt. (g)	Age (months)	Body wt. (g)	Age (months)	Final % of maturing females	Body wt. (g)	Age (months)	Final % of maturing females
$H \times H$	200–300	13–14	600–700	12–13	80	>700	>10	30
$H \times C$	800–1000	20–21	>1000	>15	23	>850	>10	0
$C \times C$	—	—	150–200	6–7	100	100–150	5–6	100
$C \times H$	—	—	>950	>15	24	>750	>10	0

*For the 1987 experiment, the temporal evolution of the percentage of maturing females is given in Fig. 5.
†In the 1988 and 1989 experiments, the fish were killed at 15 and 10 months of age respectively. The percentages of maturing females registered at the end of those experiments are indicated.

maturing females remained below 20% for several months and exceeded 50% only during the minor rainy season (October–November 1988), when fish were 20–21 months old. The observations of the three experiments are consistent (Table V). They confirm that sexual maturity occurs later in both hybrids than in *H. longifilis*. They also show that first sexual maturity of females is attained much earlier in *C. gariepinus* (5–7 months) than in *H. longifilis* (12–14 months of age). Within a given group, the age at first maturity remained approximately the same for the three experiments. But, because of discrepancies in growth rates due to a gradual optimization of rearing conditions, the weights at first maturity varied from one experiment to another. In all situations (fish group or experiment), an increase in the proportion of maturing females was always observed just before or during a rainy season (May–July or October–November), which corresponds with the reproductive period of these species in nature.

Except for *C. gariepinus* for which no precise data are available, sexual maturity appeared earlier in males than in females. In the 1987 experiment, first sexual maturity occurred after 7–9 months of age in both *H. longifilis* or $H \times C$ hybrid males and, after 10–11 months, all the males had developed testes containing intratesticular sperm. Similarly, in the 1989 experiment where the fishes were killed after 10 months of age, more than 80% of *H. longifilis* and of both hybrid males were found to be mature while at that time the proportion of maturing females was still between 0 and 30% in these groups (Table V).

GONAD DEVELOPMENT AND GAMETE PRODUCTION

Except for difference in age and weight at first maturity, the general pattern of gonadal development (GSI, size and colour of eggs, fecundity) appeared to be similar in *H. longifilis* and *C. gariepinus*. However, several abnormalities in gonadal development of hybrids were observed regularly in the different experiments performed.

In females, the mean GSI of hybrids always remained very low in comparison to that found in the parental species (Figs 5 and 6). For fish spawned in 1987 and killed 28 months later, in July 1989, the mean GSI of mature females was 16·4% in

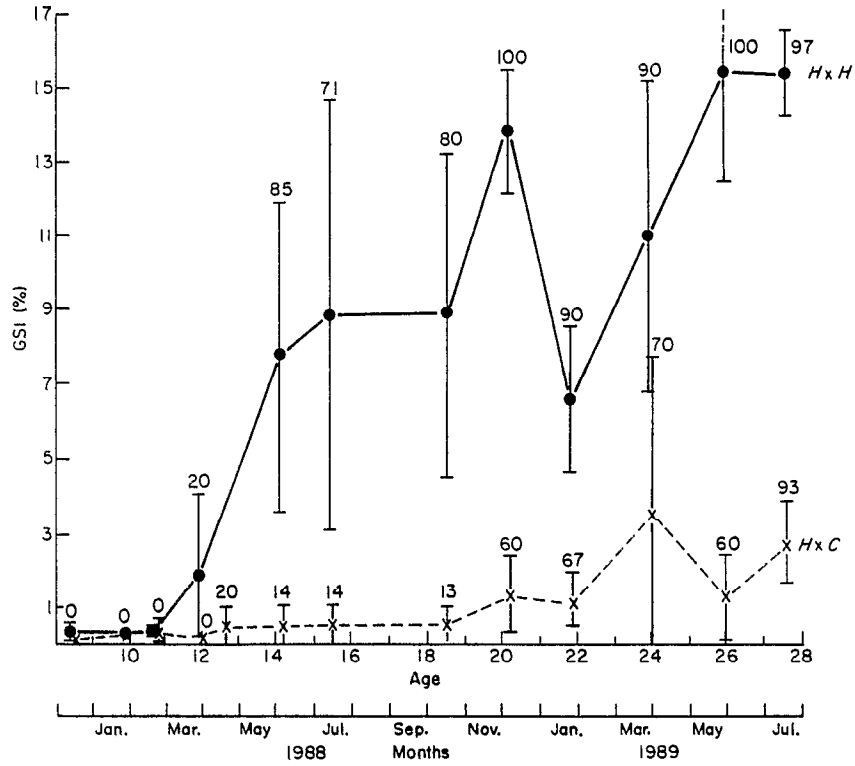


FIG. 5. Evolution of average GSI in relation to season and age in females of *H. longifilis* (*H* × *H*) and *H* × *C* hybrid (*H* × *C*) born in March 1987. Vertical bars refer to the confidence interval of the mean GSI with 5% probability. Figures in graph refer to percentages of maturing females.

H. longifilis compared to 3·2% in *H* × *C* hybrids. For fish spawned in 1988 and killed 15 months later (also in July 1989), the mean GSIs were 7·7, 21·6 and 1·3% for *H. longifilis*, *C. gariepinus* and *H* × *C* hybrid respectively. At that time, only a single mature female *C* × *H* hybrid was found, and it also displayed a very low GSI (0·7%). In the 1989 experiment, at 10 months of age, females with fully ripe ovaries were found only in *C. gariepinus*.

Although poorly developed in size, the actual mature stage of the hybrid ovaries was confirmed by the presence of oocytes which had reached a post-vitellogenic stage. The mean diameter of these oocytes tended to be greater in the hybrids than in the parental species (Fig. 6). The lower values of hybrid GSI correspond with a drastic reduction in mean relative fecundity. At the same age and similar weight, egg production of hybrids reached approximately 15% of that of *H. longifilis*. Mean fecundities were 9000 and 20 000 eggs per kg body weight in *H* × *C* hybrids, while in *H. longifilis* the corresponding fecundities were 74 000 and 120 000 eggs per kg for populations of 15 and 28 months of age respectively. Several specimens with ovarian tumours were observed in both reciprocal hybrids. These tumours were generally rounded, whitish and rather hard. They were never observed in hybrid males nor in parental species of either sex. The development of these tumours within the ovaries was highly variable depending on individuals. All intermediates

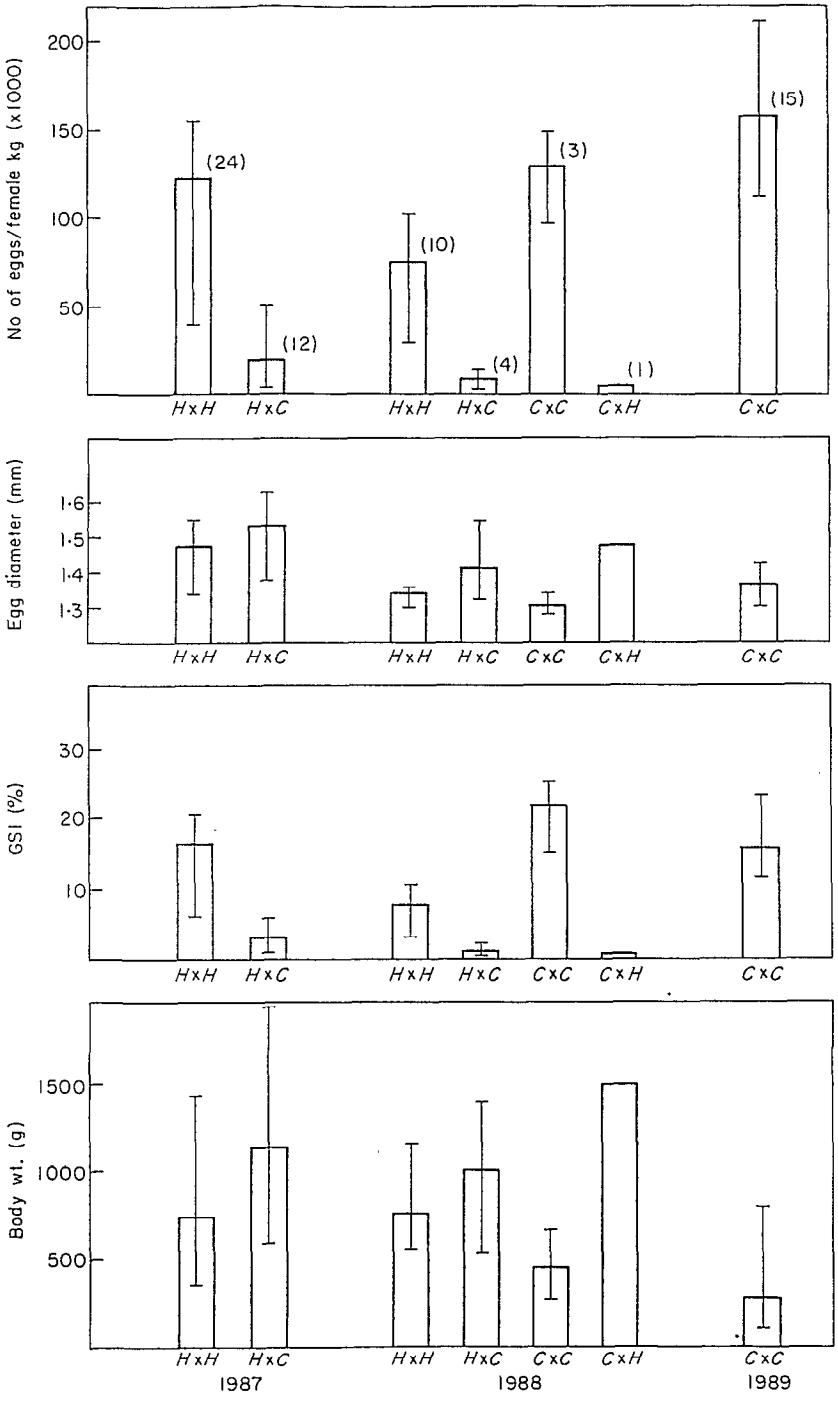


FIG. 6. Mean body weight, GSI, egg diameter and relative fecundity for mature females of *H. longifilis* ($H \times H$), *C. gariepinus* ($C \times C$) and their reciprocal hybrids. Age of observed females was 28, 15 and 10 months in the 1987, 1988 and 1989 experiments respectively. Vertical bars indicate differences between extreme values. Figures in parentheses indicate number of fish observed.

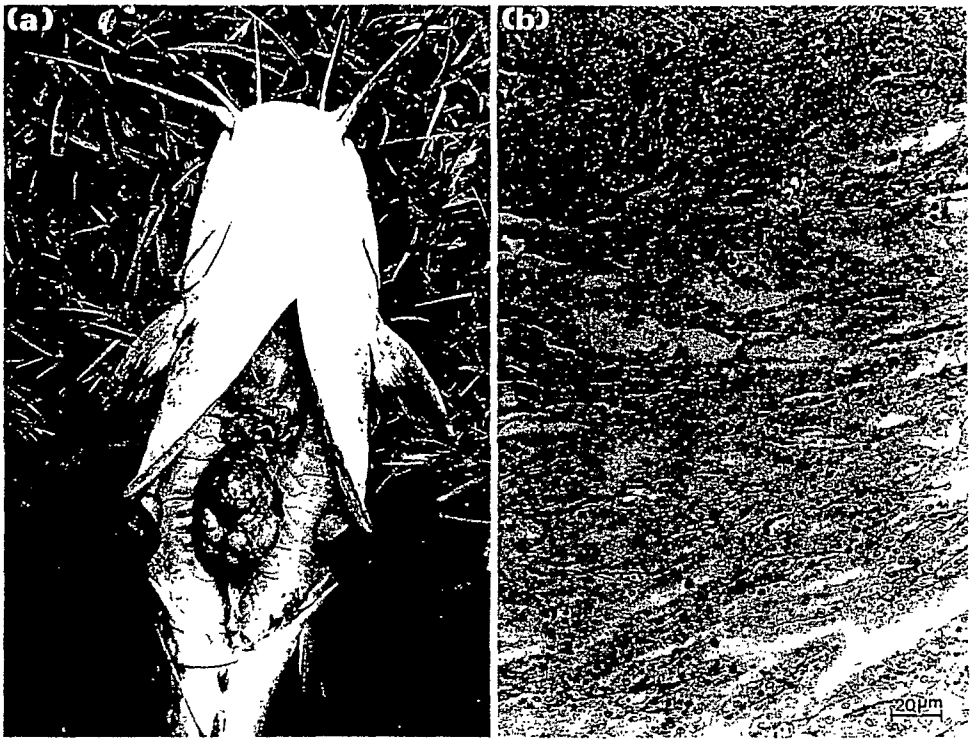


FIG. 7. (a) General appearance of a tumoral ovary from a sterile hybrid female. (b) Histological appearance of a tumour within the ovary of a sterile hybrid female. No germ cell can be observed.

were found, from a complete absence to a total invasion of the ovarian cavity. In the latter case, the fish were completely sterile [Fig. 7(a)]. Tumours were detected in nearly 20% of the hybrid females ($n = 196$), resulting from hyper-development of somatic conjunctive tissue (Figs 7 and 8).

In males, the morphological aspect of the testes also differed noticeably between hybrids and parental species. Testes of mature hybrid males were turgescent and of a translucent orange colour, while in both *H. longifilis* and *C. gariepinus* they were more flat and of whitish-brown opaque colour. Mean GSI and mean spermatozoa concentration per unit of semen volume are presented in Table VI. As no striking difference appeared between males of the same group examined during the course of the experiments, the data were pooled. Contrary to the situation in females, GSI of mature males tended to be greater in hybrids ($0{\cdot}93 \pm 0{\cdot}40$ and $0{\cdot}54 \pm 0{\cdot}13$ in $H \times C$ and $C \times H$ respectively) than in parental species ($0{\cdot}37 \pm 0{\cdot}19$ and $0{\cdot}49 \pm 0{\cdot}19$ in *H. longifilis* and *C. gariepinus* respectively). This was particularly true for fish in their second year of life (1987 experiment), during which GSIs of hybrid males were generally between 1 and 2% while the maximum value in *H. longifilis* was only 0·9%. Intratesticular semen production was generally more abundant in hybrids. However, the semen was extremely dilute (translucent) with a mean spermatozoa concentration ($1{\cdot}5$ to $9{\cdot}8 \times 10^7$ spermatozoa ml^{-1} semen) two orders of magnitude lower than in parental species ($2{\cdot}9$ to $4{\cdot}0 \times 10^9$ spermatozoa ml^{-1} semen).

Histological examination of the gonads confirmed the macroscopic observations.

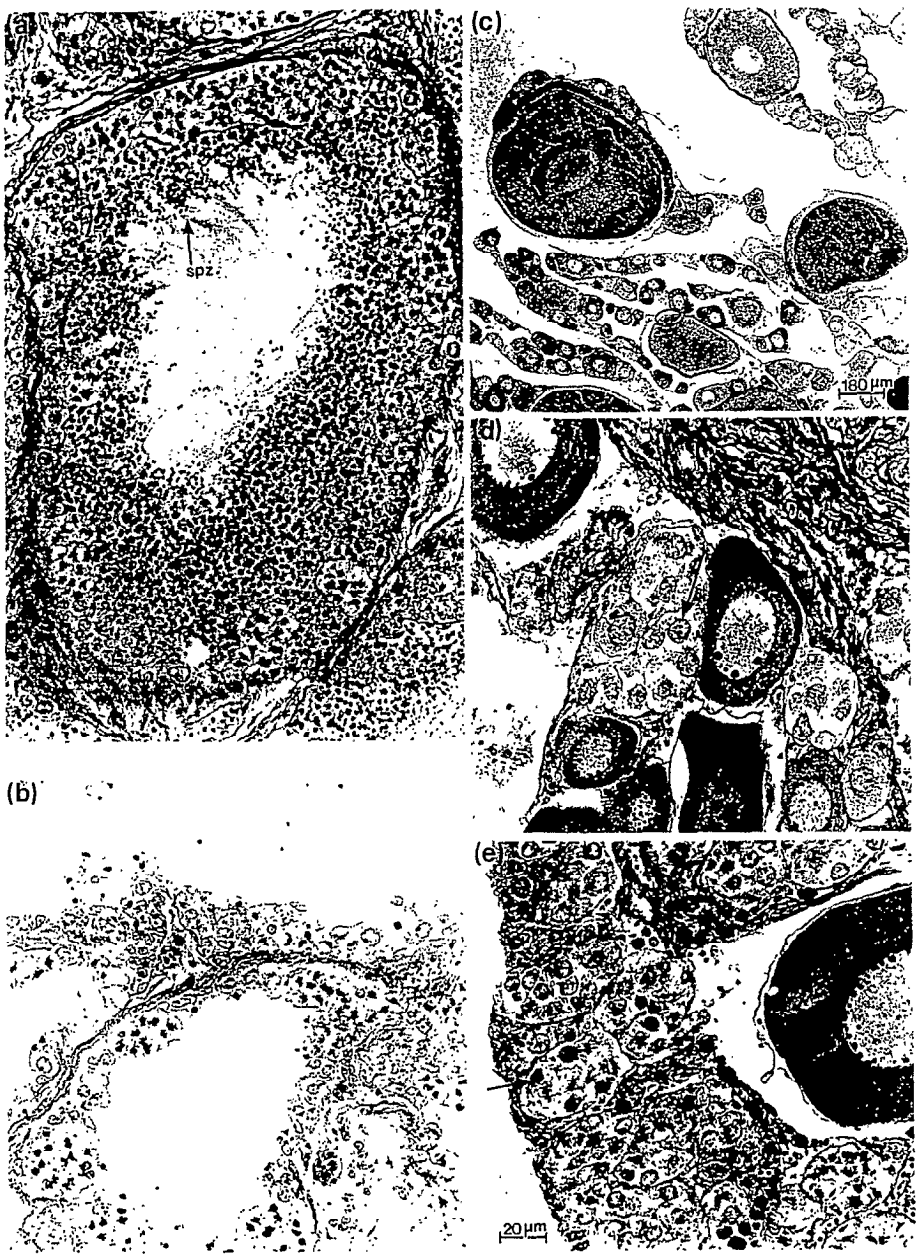


FIG. 8. (a) Transverse section through a typical testicular lobule in the testis of a normal male from a parental species, showing male germinal cells cysts at various stage of development, and spermatozoa (spz) in the central lumen. Scale as Fig. 8(e). (b) Transverse section through a testicular lobule in the testis of a hybrid male, showing female and smaller cysts. Spermatozoa are rare (not visible in this section). Scale as Fig. 8(e). (c) Transverse section through a typical ovary of a normal female from a parental species. Oocytes at all stages of development can be observed within the ovarian lamellae. (d) Detailed view through an ovarian lamella in the ovary of a normal female from a parental species, showing young oocytes at early steps of the meiotic prophase (arrow). Scale as Fig. 8(e). (e) Detailed view through an ovarian lamella in the ovary of a hybrid female, showing pycnotic nuclei (arrow) among early female germ cells nests, instead of normal figures of early meiotic prophase.

TABLE VI. Mean body weight, gonadosomatic index and number of spermatozoa ml^{-1} semen in mature males of *H. longifilis* ($H \times H$), *C. gariepinus* ($C \times C$) and reciprocal hybrids

Fish group	No. of fish	Body wt. (g)	GSI (%)	No. of spermatozoa ml^{-1} semen
$H \times H$	9	823 (556–1278)	0·37 (0·14–0·78)	$2{\cdot}94 \times 10^9$ ($1{\cdot}26$–$4{\cdot}26 \times 10^9$)
$H \times C$	14	1160 (438–2190)	0·93 (0·17–2·31)	$1{\cdot}51 \times 10^7$ ($0{\cdot}13$–$3{\cdot}13 \times 10^7$)
$C \times C$	7	394 (305–578)	0·49 (0·24–0·76)	$4{\cdot}00 \times 10^9$ ($2{\cdot}32$–$7{\cdot}02 \times 10^9$)
$C \times H$	9	856 (513–1325)	0·54 (0·31–0·79)	$9{\cdot}81 \times 10^7$ ($0{\cdot}98$–$18{\cdot}8 \times 10^7$)

Extreme values are given in parentheses.

The testes of both parental species are of the lobular type, as defined by Billard *et al.* (1982). In mature individuals, the lobules are generally open, edged by cysts at all stages of development and with numerous free spermatozoa in their central lumen [Fig. 8(a)]. In the hybrids, the lobules were largely open, but contained a low number of spermatozoa when they were not empty [Fig. 8(b)]. Cysts at the spermatid stage were also quite rare.

In both *H. longifilis* and *C. gariepinus*, the developed ovary is a hollow, sac-like structure consisting of an outer wall with lamellae penetrating the central lumen. The lamellae contain oogonia and oocytes in follicles at various stages of development, vitellogenic (stage I and II) and post-vitellogenic [Figs 8(c) and 8(d)]. Atretic vitellogenic or post-vitellogenic follicles were also observed but generally in low proportion. Similar atretic follicles have previously been described in *C. gariepinus* by Richter & Van den Hurk (1982). In hybrids, the main differences consisted in an increase of the proportion of artetic follicles (mainly at the first stage of vitellogenesis), and also in large numbers of oogonia showing pycnotic nuclei [Fig. 8(e)]. Both processes led to a low efficiency of gametogenesis and accounted for the low fecundity of hybrids.

VIABILITY OF HYBRID GAMETES

The mean percentages of hatched eggs and the fractions of deformed larvae (=deformed larvae/hatched eggs × 100) obtained in crosses involving hybrid gametes (F2 and backcross) are compared to those resulting from intraspecific fertilization (Table VII). In order to keep comparable conditions, the volume of hybrid semen used was 100 times greater than that of parents. This compensated for the low spermatozoa production of hybrids and resulted in similar numbers of spermatozoa per ovum during fertilization (> 50 000). Nevertheless, hybrid sperm always led to lower hatching rate and higher proportion of deformed larvae than semen from pure species. But, normal larvae were obtained in all cases. The quantity of eggs collected after hormonal treatment from the hybrid females was extremely low (mean of 12 000 eggs per kg B.W.) compared to 70 000 and 106 000 eggs per kg B.W.) for *H. longifilis* and *C. gariepinus* respectively. In spite of variable

TABLE VII. Mean hatching rates obtained in backcrosses and F2 cross in comparison with *H. longifilis* and *C. gariepinus* controls

	H. longifilis (female)	*C. gariepinus* (female)	*H* × *C* hybrid		
			1	2	3
H. longifilis (male)	83·9 (16·0)	—	80·3 (90·7)	42·8 (22·2)	48·5 (25·4)
C. gariepinus (male)	—	52·3 (59·9)	72·7 (90·7)	—	—
H × *C* hybrid	46·9 (59·5)	11·5 (89·6)	44·7 (83·5)	—	—

Fraction of deformed larvae (deformed larvae/hatched eggs × 100) are given in parentheses.

egg quality (Table VII), hybrid eggs could lead to normal larvae after hatching. In each situation (F2 or backcrosses), these larvae developed into normal fry which appeared to be viable until they were killed after 53 days.

IV. DISCUSSION

The feasibility of reciprocal cross-breeding between *C. gariepinus* and *H. longifilis* was demonstrated in the present study. Hatching rates and proportions of deformed larvae obtained after hybridization were always very close to those obtained in intraspecific controls. Hubbs (1970) and Hester (1970) suggested the use of hybridization to demonstrate phylogenetic relationships in fish. Our results suggest that the two species are closely related, although presently belonging to different genera. Comparative studies on morphological characters, enzymatic polymorphism or karyology also tend to support this hypothesis (Teugels *et al.*, 1990, 1992*a*,*b*). However, a proper phylogenetic classification needs additional out-group comparisons with other clariids and other catfish families.

The most important morphological difference between *C. gariepinus* and *H. longifilis* is the presence in the latter species of a large adipose fin originating immediately behind the rayed dorsal fin and reaching the caudal fin base. The hybrid specimens always displayed an intermediate external morphology, with an adipose fin of about half the size of that found in *H. longifilis*. This intermediate morphology suggests that the products of the present hybridization were ' true ' hybrids resulting from the fusion of the genetic material of both parents, and not parthenogenetic as observed on several occasions in fish (Chevassus, 1983). This was also demonstrated by the description of hybrid karyotypes (Teugels *et al.*, 1992*a*) and in a study on their enzymatic variation (Teugels *et al.*, 1992*b*).

The hybrids were normally viable and their survival was strongly influenced by their maternal parent. The low survival rate of *C. gariepinus* and *C* × *H* hybrid during larval rearing may be related to a poor quality of the *Clarias* eggs, but mortality of older fish was probably caused by other factors. During the grow-out trial, survival of *C. gariepinus* (53%) was also much lower than that of *H. longifilis* (96%). This could indicate a mediocre adaptability of *C. gariepinus* to the lagoon

water. However, most of the mortality occured during the first half of the trial when the salinity was still below 3 g l^{-1}. Moreover, Chervinsky (1984) and Clay (1977) reported that fingerlings and adults of *C. gariepinus* can tolerate salinities up to 10 and 15 g l^{-1} respectively. Thus, except for the 1987 experiment in which early and total mortality of larvae occured at 8 g l^{-1}, salinity was probably not the main mortality factor of *C. gariepinus*. A similar situation was observed for *Oreochromis niloticus*, for which heavy mortality rates were experienced regularly during rearing trials in the Ebrié lagoon, even in the oligohaline zones (Doudet, 1991).

Because of the size segregation performed at the initiation of the grow-out trial (day 53), the growth rates obtained in the 1989 experiment may not be conclusive for the whole of the populations under investigation. However, these growth rates can be considered as representative for populations under usual culture conditions since size segregation of fingerlings is a common and necessary procedure in clariid culture, recommended for both *C. gariepinus* and *H. longifilis* in order to avoid cannibalism (Viveen *et al.*, 1985; Legendre, 1991). The growth rates obtained for *C. gariepinus* figure well in the range of those reported in literature. In the present study, the fish reached a mean weight of 200 and 390 g in 200 and 307 days respectively. Viveen *et al.* (1985) reported that *C. gariepinus* reached 200 g after 180 days from 1 g fingerlings when reared in pond monoculture (10 fish per m^2) and fed with a 35% pelleted feed. Egwui (1986) obtained a growth from 96 g to 418 g mean weight in 302 days with fish reared in a concrete pond, and fed with a mixture made of equal weights of fish feed pellets, groundnut cake and palm kernel cake. Under optimal conditions of intensive culture with trout pellets as feed, *C. gariepinus* reached approximately 200 g after 172 to 228 days of age and 400 g after 233 to 258 days of age depending on the feeding level (Henken *et al.*, 1987). In *H. longifilis*, the growth rate obtained in the present experiment (694 g in 307 days) is also very close to those reported for different monoculture conditions at the Layo station (Legendre, 1991). These results are important because they indicate that, as far as growth rate is concerned, *H. longifilis* is more profitable than *C. gariepinus* for fish culture.

In the present study, sexual maturity of *C. gariepinus* was achieved after 5–7 months of age. Richter *et al.* (1982) also observed that at least 50% of the females of this species had ovaries containing predominantly post-vitellogenic oocytes after 6 months of age. In *H. longifilis*, sexual maturity of females occured later, after 12–14 months, confirming previous observations (Legendre, 1986). Although fish growth differed noticeably among experiments, age at first maturity showed little variation. This indicates that in *H. longifilis* age is more important than size in onset of first maturity. Sexual maturity of females occured later in hybrids than in parental species. In *H. longifilis* and both hybrid males, sexual maturity occured approximately at the same time and sooner than in females.

If the development of gonads is at the expense of somatic tissue, then the early maturity of *C. gariepinus* could be responsible, at least in part, for its lower growth rate. However, the growth difference between this species and *H. longifilis* was already noticeable in immature fish (Fig. 4, Table II).

The results have also shown that the growth of $H \times C$ hybrids is faster than that of $C \times H$ hybrid. The comparison between the growth rates of $H \times C$ hybrid and *H. longifilis* was more difficult to interpret. In the 1987 experiment, the growth rate of $H \times C$ hybrid was obviously faster than that of *H. longifilis* up to 57 days of age.

However, this trial was performed in environmental conditions characterized by a high salinity (8 g l^{-1}). Survival was very low for both fish groups but remained higher in the hybrid than in *H. longifilis*. It is possible that these unfavourable conditions were tolerated better by the hybrid. In the 1989 experiment, initiated in fresh water, no differences in growth rate were observed between both groups up to 53 days of age. At the end of the grow-out trial, $H \times C$ hybrids reached the highest final weight but when the initial weight difference was taken into account through SGR or RWG, no difference in growth rate could be indicated between the two groups. Thus, it can be assumed that the growth rate of $H \times C$ hybrid is either equal to or greater than that of *H. longifilis*, and that the expression of an heterotic effect for growth could depend on environmental conditions of rearing.

In *C. gariepinus*, a sex-linked difference in growth rate, in favour of males, was reported previously (El Bolock, 1972; De Kimpe & Micha, 1974; Henken *et al.*, 1987). It was never observed in *H. longifilis*, even for fully mature fish weighing between 2 and 7 kg (M. Legendre, unpublished). The hybrids never showed this sex-linked growth difference.

The 1 : 1 sex-ratio found in both parental species and their reciprocal hybrids supports the hypothesis of a similar mechanism of sex determination in the two species. Karyological analysis revealed the presence of differentiated sex chromosomes of the ZZ-ZW system in both *C. gariepinus* and *H. longifilis*. The identification of the hybrid sex on the basis of their gonads was also directly related to the presence of the ZZ or ZW chromosomes (Ozouf-Costaz *et al.*, 1990; Teugels *et al.*, 1992*a*).

Teugels *et al.* (1992*a*) found that the hybrids have a karyotype ($2n = 54$) representing the sum of the haploid numbers of *H. longifilis* ($2n = 52$) and *C. gariepinus* ($2n = 56$). These unequal parental haploid numbers may have induced difficulties in chromosome pairing during meiosis, accounting for the low efficency of gametogenesis observed in the hybrids. However, small numbers of viable fry were obtained from F2 or backcross fertilizations. This proved that, in spite of various abnormalities in their gonad development and a low quality of their gametes, male or female hybrids were not sterile. Thus, the risk of genetic contamination of natural fish stocks by hybrids escaping from fish culture facilities cannot be disregarded.

The authors are grateful to Jacques Slembrouck and Kouakou Kouassi (CRO, Abidjan) for their technical assistance.

References

Billard, R., Fostier, A., Weil, C. & Breton, B. (1982). The endocrine control of spermatogenesis in teleost fish. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **39**, 65–79.

Boonbrahm, M., Tarnchalanukit, W. & Suraniranat, P. (1977). Experiments on hybridization of fresh-water catfish, *Clarias macrocephalus* Günther and *Clarias batrachus*. *Research Report of the Kasetsart University*, 143.

Clay, D. (1977). Preliminary observations on salinity tolerance of *Clarias lazera* from Israel. *Bamidgeh* **29**, 102–109.

Chervinski, J. (1984). Salinity tolerance of young catfish, *Clarias lazera* (Burchell). *Journal of Fish Biology* **25**, 147–149.

Chevassus, B. (1979). Hybridization in salmonids: results and perspectives. *Aquaculture* **17**, 113–128.

Chevassus, B. (1983). Hybridization in fish. *Aquaculture* **33,** 245–262.

De Kimpe, P. & Micha, J. C. (1974). First guidelines for the culture of *Clarias lazera* in Central Africa. *Aquaculture* **4,** 227–248.

Doudet, T. (1991). Comparaison de la tolérance au milieu lagunaire saumâtre de différentes espèces et hybrides d'*Oreochromis* pour leur utilisation en aquaculture (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). In *Proceedings of the International Workshop on Aquaculture Research in Africa.* International Development Research Center (IDRC), Ottawa, Canada, in press.

Eding, E. H., Janssen, J. A. L., Kleine Staarman, G. H. J. & Richter, C. J. J. (1982). Effects of human chorionic gonadotropin (HCG) on maturation and ovulation of oocytes in the catfish *Clarias lazera* (C. & V.). In *Proceedings of the International Symposium on Reproductive Physiology of Fish* (Richter, C. J. J. & Goos, H. J. Th., eds), p. 195. Wageningen: PUDOC.

Egwui, P. C. (1986). Yields of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell), from a low input, homestead, concrete pond. *Aquaculture* **55,** 87–91.

El Bolock, A. R. (1972). The use of vertebrae for determining age and growth of the Nile catfish *Clarias lazera* (Cuv. & Val.) in the A.R.E. *Bulletin of the Institute of Oceanography and Fisheries, Cairo* **2,** 53–82.

Gabe, M. (1968). *Techniques Histologiques.* Paris: Masson.

Hecht, T. & Lublinkhof, W. (1985). *Clarias gariepinus* × *Heterobranchus longifilis* (Clariidae: Pisces): a new hybrid for aquaculture? *South African Journal of Science* **81,** 620–621.

Henken, A., Boon, J., Cattel, B. & Lobee, H. (1987). Differences in growth rate and feed utilization between male and female African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). *Aquaculture* **63,** 221–232.

Hester, E. (1970). Phylogenetic relationships of sunfishes as demonstrated by hybridization. *Transactions of the American Fisheries Society* **1,** 100–104.

Hogendoorn, H. & Vismans, M. M. (1980). Controlled propagation of the African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.). II. Artificial reproduction. *Aquaculture* **21,** 39–53.

Hubbs, C. (1970). Teleost hybridization studies. *Proceedings of the California Academy of Sciences* **38,** 289–298.

Legendre, M. (1983). Examen préliminaire des potentialités d'un silure africain *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840) pour l'aquaculture en milieu lagunaire. *Documents Scientifiques du Centre de Recherches Océanographiques, Abidjan* **14,** 97–107.

Legendre, M. (1986). 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. (1991). Bilan des premiers essais d'élevage d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Clariidae), en milieu lagunaire (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). In *Proceedings of the International Workshop on Aquaculture Research in Africa.* International Development Research Center (IDRC), Ottawa, Canada, in press.

Moav, R. (1976). Genetic improvement in the aquaculture industry. FAO Technical Conference on Aquaculture, 26 May–2 June 1976, Kyoto, Japan, *FIR:AQ/Conf/76:R.9.*

Mukhopadathy, S. M. & Dehadrai, P. V. (1987). Survival of hybrids between air-breathing catfishes *Heteropneustes fossilis* (Bloch) and *Clarias batrachus* (Linn.). *Matsya* **12–13,** 162–164.

Ozouf-Costaz, C., Teugels, G. G. & Legendre, M. (1990). Karyological analysis of three strains of the African catfish, *Clarias gariepinus* (Clariidae), used in aquaculture. *Aquaculture* **87,** 271–277.

Richter, C. J. J. & Van Den Hurk, R. (1982). Effects of 11-desoxycorticosterone-acetate and carp pituitary suspension on follicle maturation in the ovaries of the African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.). *Aquaculture* **29,** 53–66.

Richter, C. J. J., Eding, E. H., Leuven, S. E. W. & Van Der Wijst, J. G. M. (1982). Effects of feeding levels and temperature on the development of the gonad in the African catfish *Clarias lazera* (C. & V.). In *Proceedings of the International Symposium on*

Reproductive Physiology of Fish (Richter, C. J. J. & Goos, H. J. Th, eds), pp. 147–150. Wageningen: PUDOC.

Sneed, K. E. (1971). Some current North American work in hybridization and selection of cultured fish. *Report FAO/UNDP (TA) 2926*, 143–150.

Tarnchalanukit, W. (1986). Experimental hybridization between catfishes of the family Clariidae and Pangasiidae in Thailand. *Environmental Biology of Fishes* **16,** 317–320.

Teugels, G. G. (1982). Preliminary results of a morphological study of the African species of the subgenus *Clarias* (*Clarias*) (Pisces, Clariidae). *Journal of Natural History, London* **16,** 439–464.

Teugels, G. G. (1986*a*). Clariidae. In *Check-list of the Freshwater Fishes of Africa, CLOFFA II* (Daget, J., Gosse, J. P. & Thys van den Audenaerde, D. F. E., eds), pp. 66–101. Brussels: ISNB, Tervuren; MRAC, Paris: ORSTOM.

Teugels, G. G. (1986*b*). A systematic revision of the African species of the genus *Clarias* (Pisces, Clariidae). *Annales du Musée Royal de l'Afrique Centrale* **247,** 1–199.

Teugels, G. G., Denayer, B. & Legendre, M. (1990). A systematic revision of the African catfish genus *Heterobranchus* Geoffroy-Saint-Hilaire, 1809 (Pisces, Clariidae). *Zoological Journal of the Linnean Society* **98,** 237–257.

Teugels, G. G., Ozouf-Costaz, C., Legendre, M. & Parrent, M. (1992*a*). A karyological analysis of the artificial hybridization between *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822) and *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840 (Pisces, Clariidae). *Journal of Fish Biology* **40,** 81–86.

Teugels, G. G., Guyomard, R. & Legendre, M. (1992*b*). Enzymatic variation in African clariid catfishes. *Journal of Fish Biology* **40,** 87–96.

Viveen, W. J. A. R., Richter, C. J. J., Van Oordt, P. G. W. J., Janssen, J. A. L. & Huisman, E. A. (1985). *Manuel pratique de pisciculture du poisson chat africain (Clarias gariepinus)*. Département de Pisciculture et des pêches de l'Université Agronomique de Wageningen, Belgium.

Wohlfarth, G. W. & Hulata, G. I. (1981). Applied genetics of tilapias. *ICLARM Studies and Reviews* Vol. 6. Manila: ICLARM.

LEGENDRE M., SLEMBROUCK J., KERDCHUEN N. et Z. OTEME, 1991.

Evaluation d'une méthode extensive d'alevinage des Clariidae en cages implantées en étangs.

Document ORSTOM Montpellier, n°4, 35 p. + annexes.

Document ORSTOM Montpellier, 1991, n° 4

Marc LEGENDRE
Jacques SLEMBROUCK
Nanthawat KERDCHUEN
Ziriga OTEME

ÉVALUATION D'UNE MÉTHODE EXTENSIVE D'ALEVINAGE DES CLARIIDAE EN CAGES IMPLANTÉES EN ÉTANGS

Montpellier ORSTOM 1991

Les opinions exprimées dans ce document
n'engagent que la responsabilité de leurs auteurs

Ce travail constitue le rapport final concernant les recherches d'accompagnement sur l'alevinage des Clariidae réalisées dans le cadre de la convention passée entre le **Centre de Recherches Océanographiques** (Ministère de la Recherche Scientifique et de l'Enseignement Professionnel et Technique, Côte-d'Ivoire) et le **Projet de Développement de la Pisciculture en Milieu Rural** (Projet IVC / 87 / 001, Ministère de l'Agriculture et des Eaux et Forêts, Côte-d'Ivoire).

Référence bibliographique :

LEGENDRE M., SLEMBROUCK J., KERDCHUEN N., et OTEME Z., 1991. - *Évaluation d'une méthode extensive d'alevinage des Clariidae en cages implantées en étangs.* Document ORSTOM Montpellier, n° 4, 35 p. + annexes.

© Centre ORSTOM de Montpellier, 1991

RESUME

La convention passée entre le Projet de Développement de la Pisciculture en Milieu Rural et le Centre de Recherches Océanographiques avait pour objectif de tester une méthode d'élevage des larves et alevins de Clariidae en cages implantées en étang.

Cette technique apparaît séduisante du fait de sa relative facilité de mise en oeuvre. Par son application dans le cadre de pisciculture rurales, elle pourrait constituer une alternative intéressante au système d'alevinage en écloserie.

Faisant suite à 3 essais préliminaires, 12 expérimentations d'alevinage de *Heterobranchus longifilis* en cages ont été réalisées à la station de Layo entre juillet 1988 et novembre 1990. Ceci a permis de préciser différents points relatifs aux conditions d'application de cette technique :

- La période la plus favorable au transfert des larves vers les cages se situe deux jours après l'éclosion, au moment de leur entrée en phase trophique.

- Les étangs doivent être riches en crustacés planctoniques (formes pré-adultes et adultes de copépodes et de cladocères), qui constituent des proies préférentielles, pour qu'une croissance rapide des larves soit obtenue durant la première semaine d'élevage. En outre, la survie est plus faible lorsque le peuplement planctonique se limite aux seuls rotifères.

- L'aménagement interne des cages avec des supports artificiels paraît présenter un double effet favorable,

1) une limitation du cannibalisme (effet de cache), lorsque la disponibilité en proies planctoniques est faible

2) une optimisation de la croissance liée à une plus grande disponibilité en larves de chironomides (effet de surface).

- La mise en place d'un pompage de l'étang vers les cages n'apparaît vraiment nécessaire pour le maintien de la survie et de la croissance des larves que lorsque la densité initiale d'empoissonnement est forte (environ 10000 larves par cage, ou 15 par litre). L'application de la technique est donc possible sur les stations où une alimentation électrique fait défaut, à condition que la densité d'empoissonnement reste limitée (3000 larves par cages, ou 5 par litre) .

- Les taux de survie obtenus à l'issue de l'ensemble des expérimentations réalisées montrent que, si la technique a fait ses preuves (plus de 30000 alevins ont été produits en un seul essai), son succès reste conditionné par la qualité de l'eau des étangs. Des températures ou des concentrations en oxygène trop élevées sont notamment à éviter.

Après une première période favorable durant laquelle les taux de survie moyens ont toujours exédé 15 % avec des valeurs pouvant atteindre 50 %, les survies obtenues se sont ensuite systématiquement avérées faibles (4 %) dans les expériences réalisées à partir de la mi-89. La cause de cette baisse des taux de survie n'a pu encore être clairement identifiée, mais elle semble liée à une évolution défavorable de l'environnement sur le site particulier de Layo.

Les résultats satisfaisants obtenus récemment sur la station de Loka avec *Clarias gariepinus* confirment les possibilités d'application de cette technique en milieu rural.

1- INTRODUCTION

En raison de leur croissance rapide et de leur robustesse, les Clariidae, *Clarias* et *Heterobranchus*, présentent un potentiel très élevé pour la pisciculture ivoirienne tant continentale que lagunaire. Toutefois, des techniques d'alevinage simples et fiables font encore défaut pour ces espèces et la production actuelle de juvéniles prégrossis reste inférieure à la demande des pisciculteurs.

A la station de Loka (station du Projet de Développement de la Pisciculture en Milieu Rural, région de Bouaké), le système de production d'alevins de *Clarias gariepinus* mis en oeuvre est celui développé aux Pays-Bas (Hogendoorn et Vismans, 1980) et en République Centrafricaine (Janssen, 1985). Après l'éclosion, les larves sont répartis en auges d'alevinage où elles reçoivent une alimentation de départ constituée de nauplii d'*Artemia salina*. Après une dizaine de jours, lorsqu'elles ont atteint un poids moyen d'environ 15 mg, les larves sont sorties de l'écloserie et transférées en étang fertilisé pour la phase de prégrossissement. Toutefois, les résultats obtenus jusqu'à présent ont été décevants puisque à l'issue des 40 jours de prégrossissement la survie moyenne obtenue entre 1986 et 1988 n'a pas dépassée 7 % (Vagba-Nugent, comm. pers. 1988). Cette faible survie peut être imputée à différents facteurs, tels que l'état sanitaire initial des larves au sortir de l'écloserie ou leur alimentation dans les étangs. Elle pourrait aussi résulter en grande partie d'une intense prédation exercée sur les alevins par les batraciens et les insectes aquatiques.

Une situation analogue a été rencontrée pour l'alevinage de *Heterobranchus longifilis* sur la station de Layo (station CRO, région de Dabou), où les larves transférées en étang en fin de résorption vitelline ont toujours été rapidement décimées par ces prédateurs. En revanche, lorsque l'empoissonnement était réalisé avec des alevins plus âgés (15 jours), les survies enregistrées se sont avérées très satisfaisantes (de l'ordre de 60 % en moyenne après 2 mois; Legendre, 1991).

L'un des principaux problèmes serait donc de disposer d'un grand nombre d'alevins de taille adéquate pour l'empoissonnement des étangs de prégrossissement. A ce stade, les alevins doivent avoir un poids suffisamment élevé (70 à 100 mg) pour échapper à la majorité de leurs prédateurs, difficilement contrôlables dans les étangs, et une taille bien calibrée pour limiter le cannibalisme.

Dans ce sens, une solution permettant à la fois de valoriser les potentialités locales en proies planctoniques et de maintenir les alevins à l'abri de leurs prédateurs, a été testée à la station de Layo. La technique 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 réalisé en continu pour favoriser le renouvellement d'eau et l'approvisionnement en proies planctoniques. Les résultats, très encourageants, obtenus au cours de trois essais préliminaires (effectués entre novembre 1985 et mars 1987, et rappelés ci-après) ont orienté les propositions de recherches d'accompagnement.

Sur cette base, les principaux objectifs du présent travail sont les suivants :

- confirmer la validité de la technique d'alevinage en cage et préciser ses modalités d'application,
- tester l'influence du pompage et de l'aménagement des cages avec différents supports artificiels sur la survie et la croissance des alevins,
- préciser l'utilité et l'importance éventuelle de la fourniture d'une alimentation artificielle aux alevins, en plus du zooplancton disponible dans les cages.

En outre, au cours de ces deux dernières années, des essais relatifs à la pratique d'une seconde technique d'alevinage de *H. longifilis*, voisine de celle mise en oeuvre à Loka pour *C. gariepinus*, ont été menés sur la station de Layo. Les résultats de ces essais, réalisés en circuit fermé avec l'*Artemia* comme premier aliment, sont également résumés dans le présent rapport à titre de comparaison.

2- MATERIEL ET METHODES

En plus des 3 essais préliminaires (octobre 1985, février et mars 1987), 12 expériences d'alevinage en cages ont été réalisées entre juillet 1988 et novembre 1990 dans les étangs de la station de pisciculture expérimentale du Centre de Recherches Océanographiques. Cette station, située à Layo, est implantée en bordure de la lagune Ebrié à 45 km à l'ouest d'Abidjan.

2.1- Présentation des étangs

Les étangs, dépourvus de moine, sont vidangés par pompage. Ils se remplissent en quelques jours par infiltration d'eau provenant à la fois de la nappe phréatique et d'une nappe superficielle en relation avec la lagune. Ils sont donc saumâtres. Entre les cycles d'élevage successifs, un épandage de chaux vive est généralement pratiqué pour débarrasser les étangs d'éventuels poissons parasites. Le chaulage, puis la remontée de l'eau de nappe riche en ammoniaque, constituent l'équivalent d'une fertilisation.

Les grandes étapes de la recolonisation planctonique des étangs après le chaulage ont été décrites par Legendre *et al.* (1987). Faisant suite à une forte poussée phytoplanctonique (picoplancton), le premier pic de zooplancton est presque exclusivement constitué de rotifères et se produit 8 à 10 jours après le chaulage. Les crustacés (copépodes et plus rarement cladocères) se développent plus tard lors d'un second pic phytoplanctonique (nanoplancton) qui a lieu 13 à 20 jours après chaulage. L'étang atteint ensuite un état de relatif équilibre et présente alors la plus grande diversité d'espèces zooplanctoniques. Pour cette raison, et chaque fois que cela a été possible, l'empoissonnement des cages avec les larves de *H. longifilis* a été effectué entre 15 et 40 jours après le chaulage.

Les étangs utilisés ont une superficie de 520 à 750 m^2.

2.2- Présentation du système d'alevinage en cages

Les cages, constituées d'un filet en nylon monofilament de 0,6 mm de vide de maille (fournisseur : Tripette et Renaud, Paris), ont une forme cubique et un volume de 1 m^3. Les coutures d'assemblage du filet sont renforcées par des bandes de tissu nylon. Ce dernier sert également à préparer des passants le long des quatre côtés verticaux de la cage, dans lesquels sont insérés les tubes de l'armature métallique. Ces tubes s'ajustent sur deux cadres métalliques, inférieur et supérieur, qui permettent de rigidifier l'ensemble (Fig. 1).

Les cages, réparties dans la partie centrale de l'étang, sont desservies par un ponton d'accès, qui supporte également la pompe (Leroy-Somer, type LSMB5T) et soutient les tuyaux d'amenée de l'eau aux cages (Fig. 2). Dans l'étang, la prise d'eau s'effectue en deux points éloignés, au niveau de deux crépines en PVC de 50 cm de long, recouvertes d'une toile moustiquaire et fixées verticalement à un bambou pour permettre un prélèvement sur la quasi-totalité de la colonne d'eau. La pompe délivre à chaque cage un débit moyen d'environ 5 $l.min^{-1}$. Une vanne située au dessus de chaque cage permet de réguler l'arrivée d'eau et d'équilibrer les débits distribués aux différentes cages.

Enfin, les cages, dont le fond repose sur le sédiment, sont elles mêmes recouvertes d'une toile moustiquaire pour éviter la pénétration de prédateurs éventuels (larves de libellule, notamment) et réduire l'intensité lumineuse durant la journée (les larves et alevins (1) de Clariidae étant fortement photophobes).

---

1) Le terme de **larve** s'applique ici aux individus de moins de 8 à 10 jours dont les nageoires sont encore incomplètement formées, et celui d'**alevin** aux individus plus âgés dont la morphologie est celle de l'adulte.

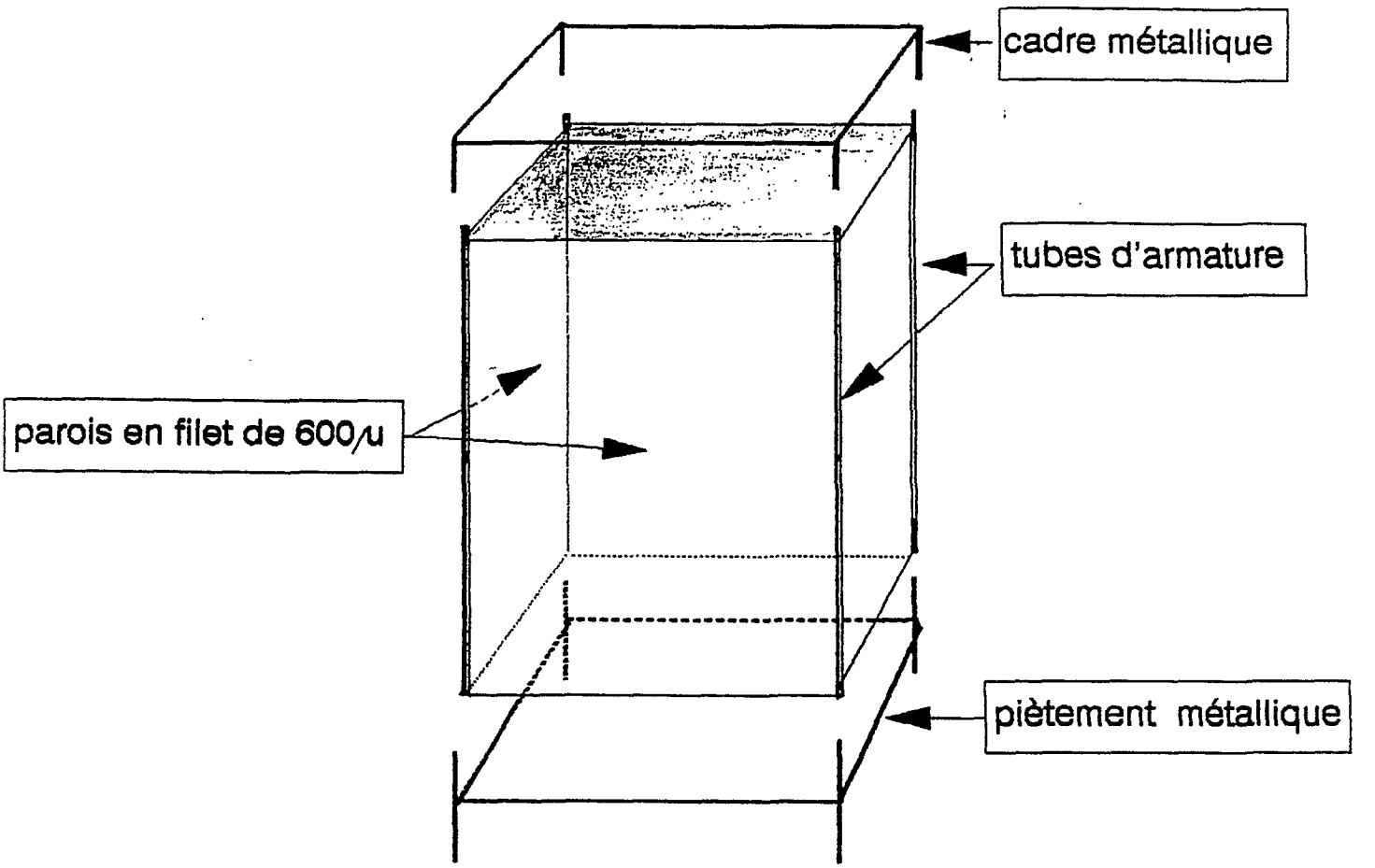
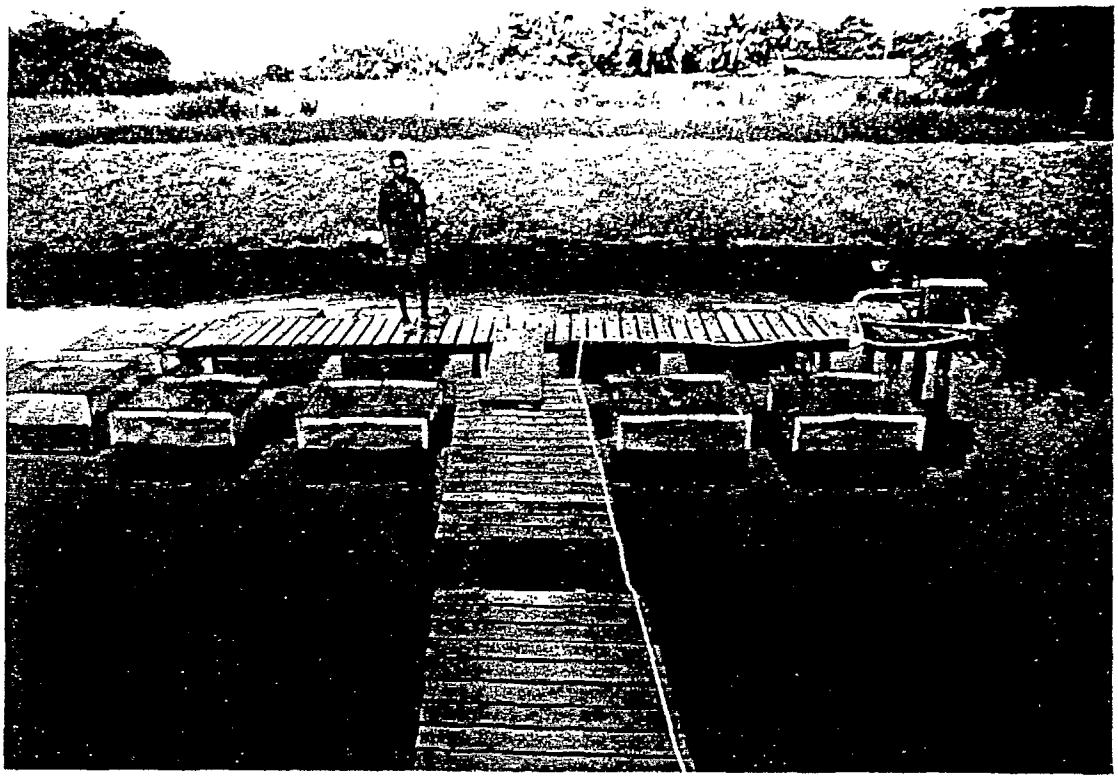


Figure 1 : Schéma de montage d'une cage.



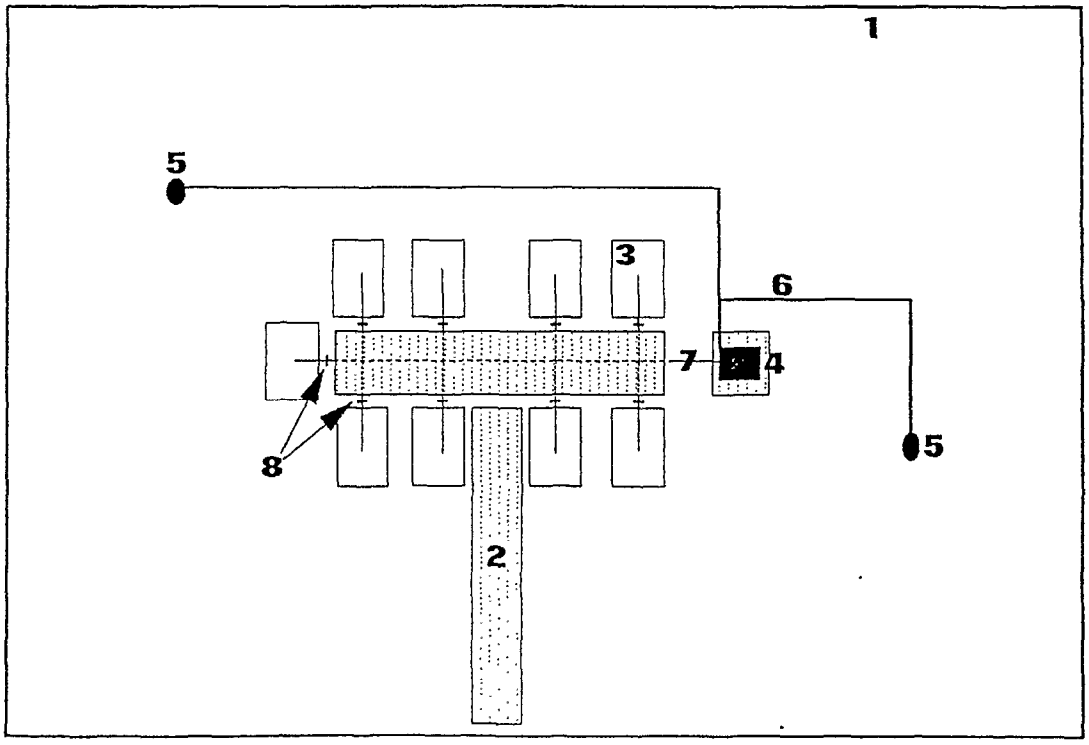


Figure 2 : Présentation du système d'alevinage en cages implantées en étang.

1- Etang; 2- Ponton d'accès; 3- Cages; 4- Pompe; 5- Crépines; 6- Tuyau souple de 40 mm; 7- Tuyau PVC de 25 mm; 8- Vannes.

2.3- Aménagement des cages

L'influence de l'aménagement des cages avec différents types de supports a été testée sur la survie et la croissance des alevins. Les effets bénéfiques (trophiques et comportementaux) rendus possibles par ce type d'aménagement étaient supposés les suivants :

- limitation du cannibalisme par multiplication des caches pour les alevins les plus vulnérables
- augmentation de la concentration en épibiontes (larves de chironomides, essentiellement) par multiplication des surfaces
- possibilité pour les alevins de se maintenir à tous les niveaux de la colonne d'eau et d'optimiser l'occupation de l'espace
- augmentation de la pénombre dans la cage

Deux types de supports ont été testés.

Le premier, dit "**coco**", est constitué de tronçons de palmes de cocotier liés ensemble en étages et suspendu dans la cage. Ce type de support n'a été utilisé qu'une fois, en juillet 1988.

Le second, dit "**ficelle**", est constitué d'un élément de cordage nylon de 1,2 m de long et de 15 mm de diamètre sur lequel sont fixés transversalement (tous les 0,2 m) des morceaux (de 0,4 m de long) de ce même cordage dont les brins sont détressés pour former des touffes (Fig. 3). Le cordage principal, lesté dans sa partie basse, est suspendu verticalement dans la cage. Cinq de ces éléments ont toujours été placés dans chaque cage aménagée, à l'exception de l'expérience de juillet 1989 où ce nombre a varié entre 1 et 5.

Les cages non aménagées sont dites "**vides**".

2.4- Induction de la ponte, incubation des oeufs et transfert des larves en étang

Les techniques de conditionnement des géniteurs et de reproduction contrôlée de *H. longifilis* ayant été détaillées antérieurement (Legendre, 1986 et 1991; Slembrouck et Legendre, 1988), nous ne les évoquerons que brièvement ici.

La maturation ovocytaire et l'ovulation sont provoquées par une seule injection intra-musculaire d'hormone chorionique gonadotrope humaine (HCG) à une dose de 1500 U.I. par kg de poids de femelle. Après un temps de latence de 12 h à 29 °C, les ovules sont collectés par massage abdominal puis fécondés artificiellement. Les oeufs sont incubés dans des auges d'alevinage maintenues à température ambiante, à l'obscurité, et remplies en eau de ville stagnante et préalablement déchlorée. L'éclosion intervient environ 24 h après la fécondation.

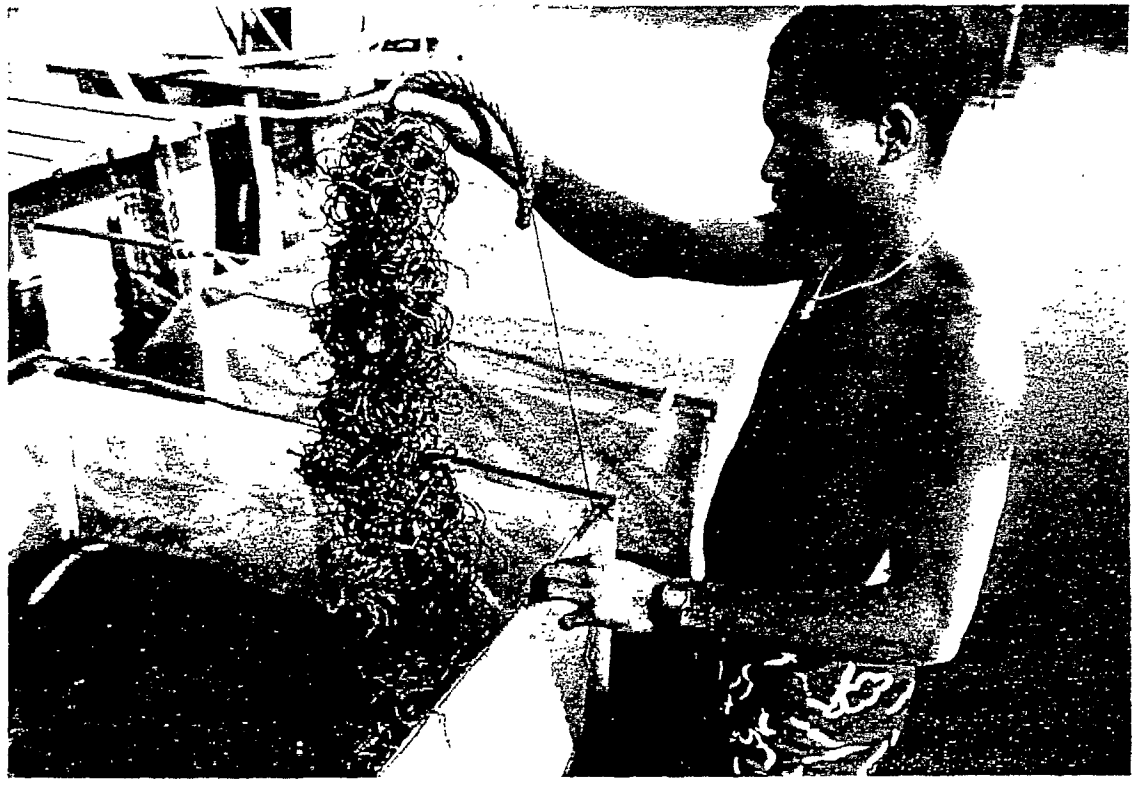


Figure 3 : Présentation des supports "ficelle" utilisés pour l'aménagement des cages.

On utilise une auge différente pour chaque cage à empoissonner. Le poids total des oeufs distribués dans chaque auge ayant été déterminé, le nombre total de larves normales (non déformées) produites est estimé à partir des pourcentages d'éclosion obtenus sur des lots témoins de 250 oeufs incubés dans des récipients en plastique contenant 350 ml d'eau douce. Pour maintenir des conditions d'incubation comparables (température, notamment), ces récipients sont laissés flottants en surface des auges pendant toute la durée de l'incubation. L'effectif initial de larves normales distribué dans chacune des cages est ainsi connu avec une bonne précision.

Après l'éclosion (J0), les larves sont laissées dans les auges (munies d'aérateurs) jusqu'à l'âge de 2 jours (J2), qui correspond à la fin de résorption vitelline. Elles sont alors siphonnées dans des cuvettes et transférées vers les cages où elles ne sont versées qu'après équilibrage des températures. Ce transfert est toujours effectué tôt le matin, à un moment où l'écart thermique entre l'eau des auges et celle de l'étang est minimal.

Selon les expériences, l'effectif de larves distribué dans chaque cage a varié entre 2200 et 21000, ce qui correspond à une densité initiale d'empoissonnement de l'ordre de 4 à 36 larves par litre d'eau dans les cages.

2.5- Age au transfert en étang et survie larvaire

Afin de vérifier le bien fondé d'un transfert des larves en étang à l'âge de deux jours , l'influence de l'âge au transfert sur la survie des larves et des alevins a été étudié dans le cadre de l'expérience de mars 1989.

Le jour de l'éclosion, 16 lots (8 traitements répliqués) de 200 larves normales ont été constitués et maintenus en bacs au laboratoire. Les transferts en étang ont été étalés entre 1 (J1) et 5 (J5) jours d'âge. La première prise d'aliment s'effectuant normalement en fin de résorption vitelline (J2), deux catégories de larves ont été considérées dans les lots transférés entre J3 et J5 : celles maintenues à jeun jusqu'au transfert et celles nourries avec des *Artemia* entre J2 et le transfert.

Les 200 larves de chaque lot ont été placées en étang dans des cages cylindriques de 1 m de long pour 0,20 m de diamètre et suspendues verticalement au ponton (cages sans arrivée d'eau par pompage). Tous les deux jours jusqu'à J15, la survie des alevins de chaque lot a été déterminée par comptage de tous les individus restants.

2.6- Suivi des élevages, du zooplancton et de la physico-chimie

Dans chaque cage, la **croissance** a été suivi par pesée individuelle ($P \pm 0,1$ mg) de 10 alevins tous les trois jours, et de 30 à 50 alevins en fin d'expérience.

Les taux de **survie** ont été déterminés pour chaque cage par comptage de tous les alevins restants en fin d'expérience. Dans quelques cas, l'évolution temporelle des mortalités a été suivie dans des lots témoins comparables à ceux utilisés dans l'étude de l'influence de l'âge des larves au transfert en étang. Les observations ont en effet montré que l'évolution de la survie dans les petites cages cylindriques de contrôle était tout à fait représentative de celle constatée dans les grandes cages d'expérimentation.

Une analyse des **contenus stomacaux** a été effectuée sur des échantillons de 5 alevins prélevés tous les trois jours dans des cages choisies en fonction des traitements testés.

Le même jour , des échantillons du **zooplancton** ont été prélevés à la nuit tombante dans ces cages, ainsi que dans l'étang, avec une trappe de Schindler modifiée d'une capacité de 20 l.

Les échantillons d'alevins et de zooplancton ont été conservés dans une solution de formol à 4 % avant analyse au laboratoire.

Les proies planctoniques sélectionnées préférentiellement par les alevins ont été identifiées par le calcul de l'indice de sélectivité de Paloheimo (Lazzaro, 1987) défini par la formule : (Ri/Pi)/somme(Ri/Pi),

avec Ri = proportion de la proie dans l'estomac,

et Pi = proportion de la proie dans le milieu

Cet indice fluctue entre 0 (sélection nulle) et 1 (sélection exclusive).

Les paramètres pris en compte dans le suivi de **l'évolution physico-chimique** des étangs ont été la hauteur d'eau, la salinité (mesurée au réfractomètre optique), la température et l'oxygène. Ces deux derniers paramètres étaient mesurés le matin (7 h) et le soir (16 h 30) en surface et au fond de l'étang, ainsi qu'à l'intérieur des cages. Il est à noter que l'oxymètre utilisé (YSI, modèle 51B) ne permet pas les mesures supérieures à 15 $mg.l^{-1}$. De ce fait, lorsque cette valeur apparaît dans les tableaux de résultats, elle peut correspondre à des concentrations en oxygène supérieure à 15 $mg.l^{-1}$.

Le pH n'a pas fait l'objet d'un suivi systématique, mais on sait qu'il est généralement compris entre 7 et 9 dans les étangs et que son évolution nychtémérale est opposée à celle de l'oxygène.

2.7- Conditions particulières de réalisation des alevinages en cage

Les effectifs initiaux d'empoissonnement, la nature des traitements testés, le nombre de répétitions par traitement, la date de première distribution d'aliment composé

(Trouvit 000) et la durée de l'expérience sont indiqués dans l'annexe 1 pour chacun des 15 essais réalisés.

Dans tous les cas, la distribution du "Trouvit" est effectuée à raison de 4 repas sur 24 h (2 repas de jour et 2 de nuit).

2.8- Essais d'alevinage en circuit fermé

Le circuit fermé utilisé, mis au point au CRO (Lambert, 1990), a une capacité totale en eau de environ 1 m^3 (eau de ville déchlorée). Il peut être monté au choix, soit avec deux auges de production d'environ 200 l en eau, soit avec une série de 12 bacs d'expérimentation de 50 l. Entre mars 1989 et novembre 1990, 12 essais (généralement répliqués) d'alevinage de *H. longifilis* ont été effectués dans cette structure, 5 en auges et 7 en bacs. Les densités initiales d'empoissonnement ont varié entre 6 et 62 larves par litre et la durée des élevages entre 14 et 21 jours. L'alimentation des larves était constituée soit seulement d'*Artemia* vivantes ou congelées, soit d'*Artemia* jusqu'à 8-10 jours puis d'aliment composé (Trouvit 000) jusqu'en fin d'essai. La fréquence des repas a varié entre 4 et 6 par 24 h. La température de l'eau était toujours maintenue entre 27 et 29 °C, et l'oxygène entre 6 et 8 $mg.l^{-1}$.

3- RESULTATS

L'ensemble des résultats obtenus, en terme de survie et de croissance des alevins, est détaillé dans l'annexe 1 pour chacune des 15 expériences d'alevinage en cage.

3.1- Régime alimentaire et utilisation de l'alimentation composée

Différents aspects du régime alimentaire des larves et des alevins de *H. longifilis* ont été présentés antérieurement (Legendre, 1991). Ces premières observations, complétées par celles effectuées durant les présentes expérimentations, conduisent aux conclusions suivantes :

- La première prise d'aliment s'effectue dès l'âge de deux jours alors que la vésicule vitelline n'est pas encore entièrement résorbée. Dès leur entrée en phase trophique, les larves de *H. longifilis* sont dotées d'une bouche de grande dimension (largeur de 1 mm environ, Fig. 4). Elles possèdent donc d'emblée les capacités physiques nécessaires à l'ingestion des organismes les plus gros du peuplement planctonique des étangs (cladocères et copépodes de 0,6 à 0,8 mm de longueur).

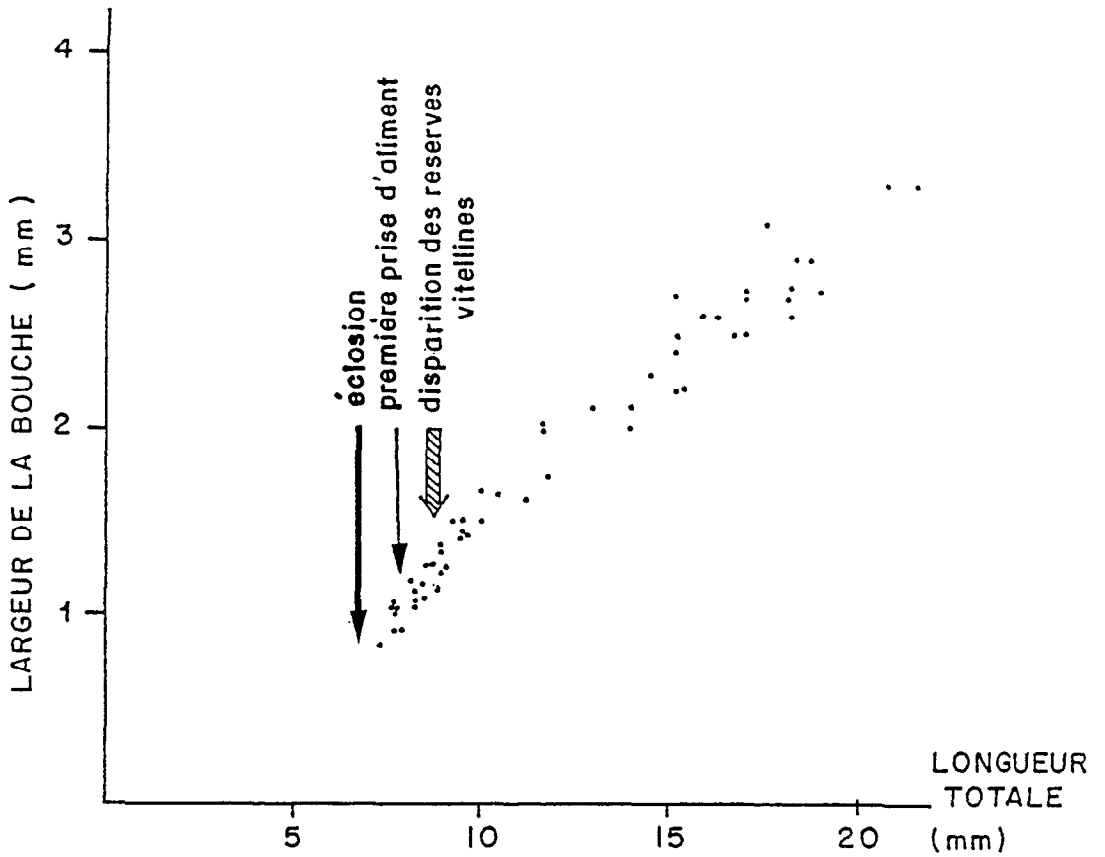


Figure 4 : Relation biométrique entre la largeur de la bouche et la longueur totale chez les alevins de *H. longifilis*.

- Le régime alimentaire essentiellement zooplanctophage jusqu'à l'âge de 5-6 jours tend par la suite à se diversifier progressivement avec l'incorporation d'insectes de tailles croissantes (larves de chironomides, principalement). L'examen des contenus stomacaux d'individus plus âgés (31 j, LT = 55 mm) montre un régime plus diversifié, où larves de chironomides et insectes divers constituent pondéralement les proies principales, alors que le zooplancton est encore présent en effectif important. A ce stade on trouve également dans les tractus des coquilles de gastéropodes, des détritus organiques, des débris de végétaux et des graines qui traduisent l'évolution du régime vers celui de l'adulte, considéré comme un omnivore à tendance carnassière (Micha, 1973).

- Les alevins se nourrissent de façon continue de jour et de nuit, sans qu'un rythme quelconque dans la prise d'aliment ne soit mis en évidence.

En revanche, lorsque le peuplement zooplanctonique est bien diversifié, d'importants changements dans la qualité des proies ingérées sont mis en évidence entre le jour et la nuit. De jour, les ostracodes et les copépodes sont principalement sélectionnés, alors que de nuit la sélection s'exerce au contraire presque exclusivement (à plus de 90 %) sur le cladocère *Moina*. Cette importante variation nycthémérale dans la nature des proies ingérées est probablement en partie liée au comportement et à la position respective des alevins et des proies dans le volume de la cage. On a par exemple constaté que les alevins se confinent au voisinage du fond pendant la journée, alors qu'ils occupent toute la couche d'eau pendant la nuit avec une grande mobilité. Ce fait est sans doute à rapprocher de leur caractère photophobe marqué. Une opposition nette dans la qualité des proies ingérées de jour et de nuit n'est bien évidemment pas observée lorsque le peuplement planctonique est simplifié et que le choix des proies se limite aux seuls rotifères et copépodes.

- La préférence marquée des larves de *H. longifilis* pour les organismes de grande taille est confirmée par des indices de sélectivité le plus souvent élevés (0,5 à 0,9) vis à vis des formes pré-adultes et adultes de crustacés planctoniques.

Parmi les proies de petite taille (0,2 mm), la sélection des nauplii de copépodes est à l'inverse toujours très faible, les indices ne dépassant que très rarement la valeur de 0,1. Le cas des rotifères est plus ambigu, avec une sélection généralement faible (0,1 à 0,3) mais pouvant dans quelques cas atteindre des valeurs élevées (jusqu'à 0,6).

Il est en outre à noter qu'en termes de biomasse ingérée, ces petites proies planctoniques (nauplii, rotifères) ne contribuent que faiblement à l'alimentation des larves, en comparaison des copépodes (stades copépodites et adultes) et des larves de chironomides notamment.

- L'influence de la quantité de zooplancton disponible dans les cages sur le poids moyens des alevins après 6 jours d'élevage (âge de 8 jours) a été recherchée sur l'ensemble des expériences réalisées. Cette analyse globale des résultats est effectuée en ne prenant en compte que les cages "vides" (non aménagées) qui constituent un traitement commun à toutes les expérimentations. L'analyse est rendue possible par le fait qu'aucune relation entre survie et croissance des alevins n'est mise en évidence sur cet ensemble d'essais (tab. 1). L'âge de 8 jours a été choisi pour cette étude car à ce stade le régime des alevins est encore essentiellement zooplanctonique et, dans la plupart des essais, aucun aliment composé n'a encore été distribué.

Les relations entre le nombre de proies planctoniques disponibles pour 1 alevin et le poids moyen à 8 jours sont présentées sur la Figure 5 pour les différents groupes du peuplement zooplanctonique. On constate une forte liaison entre la croissance des alevins et la quantité de copépodes disponibles. En revanche, l'existence d'une liaison entre la croissance et la quantité de rotifères ou de nauplii de copépodes présents dans les cages apparaît beaucoup moins évidente. En outre, la croissance des alevins s'est avérée particulièrement faible dans l'expérience de juillet 1988, durant laquelle le zooplancton était abondant mais composé presque exclusivement de rotifères (tab. 1). Ces observations tendent donc à confirmer les résultats obtenus à partir du calcul des indices de sélectivité et indiquent que les étangs doivent être riches en crustacés planctoniques de grandes tailles (formes pré-adulte et adulte) pour qu'une bonne croissance des alevins au cours de la première semaine d'élevage puisse être attendue.

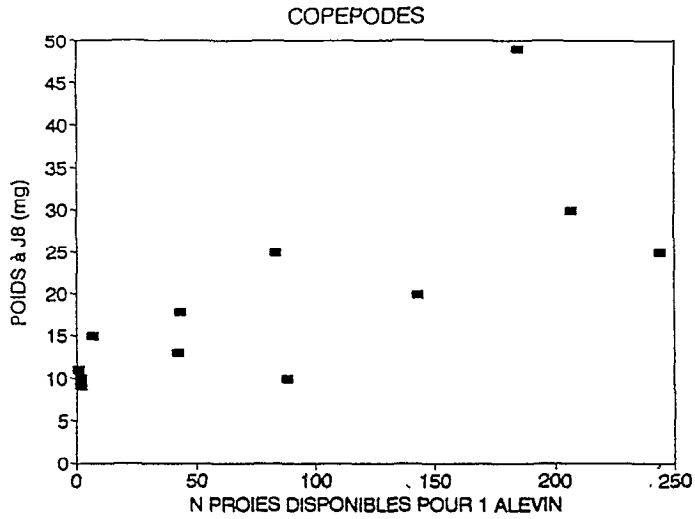
- L'examen des contenus stomacaux d'alevins provenant des cages (exp. de février 1987) ou de bassins ensemencés en zooplancton (résultats non présentés) ont montré que l'aliment composé (Trouvit 000) n'est pas ou très peu consommé par les alevins de moins de 8 jours. Sa distribution dans les cages au cours de la première semaine d'élevage est donc inutile.

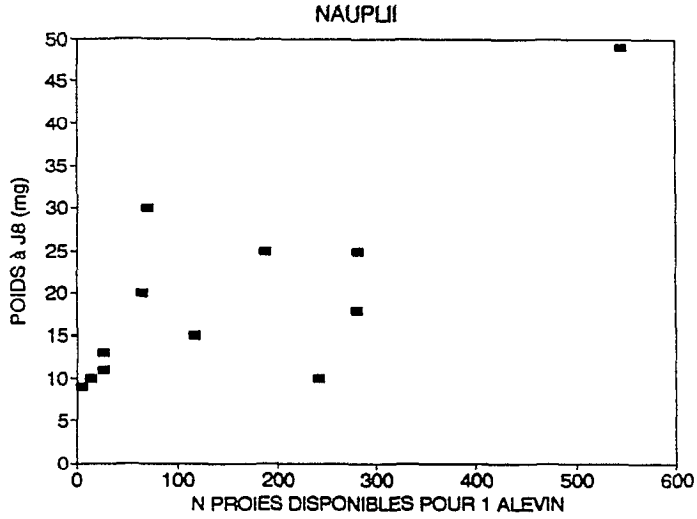
Dans les expériences réalisées entre janvier 1990 et novembre 1990, nous avons cherché à quantifier l'effet bénéfique éventuel de la distribution de Trouvit sur la croissance des alevins dans leur deuxième semaine d'élevage en cage. Toutefois, en raison des mortalités massives et précoces systématiquement observées dans ces essais et discutées plus loin, aucune conclusion claire n'a pu être obtenue sur ce point.

Les essais réalisés parallélement en circuit fermé ont toutefois montré qu'à l'âge de 8 à 10 jours (poids de 25 à 50 mg), les alevins acceptent bien et utilisent efficacement un aliment de type Trouvit. Chez *H. longifilis*, cette période est donc favorable à la transition d'une alimentation à base de proies naturelles (*Artemia* ou zooplancton) vers une alimentation composée classique. Ces résultats sont comparables à ceux rapportés par Hogendoorn (1980) chez *Clarias gariepinus*.

DATE	SURVIE FINALE (%)	POIDS MOYEN A J8 (mg)	N ALEVINS PAR LITRE	NBRE DE PROIES ZOOPLANCTONIQUES DISPONIBLES PAR ALEVIN ROTIFERES	NAUPLII	COPEPODES	TOTAL
10.85	50,0	25	4	1	282	244	527
02.87	21,8	18	25	86	281	43	410
07.88	0,3	9	4	701	5	2	708
11.88	40,6	49	4	221	546	185	952
01.89	19,6	25	10	411	187	83	681
03.89	41,6	13	15	97	26	42	165
05.89	3,5	10	20	83	242	88	413
07.89	6,1	20	13	163	65	143	371
04.90	1,6	30	16	206	70	207	483
06.90	0,3	10	16	6	14	2	22
10.90	0,1	11	14	29	27	1	57
11.90	1,0	15	13	79	116	7	202

Tableau 1 : Influence de la disponibilité en proies planctoniques sur la survie et la croissance des larves et des alevins de *H. longifilis*





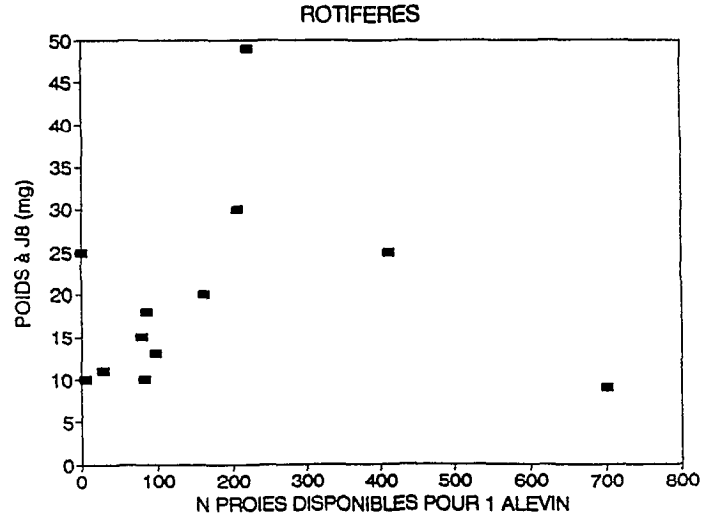


Figure 5 : Relation entre le poids moyen des alevins à J8 et le nombre moyen de copépodes (stades copépodites et adultes), de nauplii de copépodes ou de rotifères disponibles pour chaque alevin pendant la première semaine d'élevage.

3.2- Age au transfert en étang et survie larvaire

L'influence de l'âge des larves lors du transfert en étang sur leur survie après 15 jours est présentée dans le tableau 2 et la Figure 6.

Les conditions de survie les plus favorables sont obtenues lorsque le transfert est effectué avec de jeunes larves, agées de 1 à 4 jours. L'analyse de variance montre que le report de ce transfert à 5 jours d'âge conduit à une diminution de la survie ($P < 0,05$), même lorsque les larves ont entre temps été nourries avec des *Artemia*. Ceci pourrait traduire une moins bonne adaptabilité des larves aux conditions environnementales et/ou trophiques des étangs lorsqu'elles ont connu un environnement relativement protégé (bac d'eau douce et *Artemia* en abondance) pendant quelques jours.

Dans les lots maintenus à jeun jusqu'à J5, les faibles survies obtenues ($P < 0,05$) indiquent que la plupart des larves sont alors déjà incapables de récupérer de la carence nutritionnelle subie.

Un transfert en étang à l'âge de 2 jours (J2), qui conduit aux survies les plus élevées, semble constituer un bon compromis entre fragilité et adaptabilité des larves.

3.3- Effet de l'aménagement des cages

L'effet de l'aménagement des cages sur la survie et la croissance des larves a été examiné sur la base des quatre expériences réalisées entre juillet 1988 et mars 1989 (tab. 3; Fig. 7).

Les résultats de l'expérience de 07.88 se démarquent nettement de ceux obtenus dans les trois autres qui sont homogènes.

En 07.88, la survie s'est avérée très faible dans les cages "vides" (moins de 1 %), les poissons survivants étant de grande taille (0,5 g). Dans les cages aménagées, la survie a été "bonne" (20-25 %) avec production d'alevins de taille plus modeste (0,1 g). Durant cette période, l'étang a présenté la particularité d'un peuplement zooplanctonique composé presque exclusivement de rotifères (voir annexe 2.2) qui, a l'examen des contenus stomacaux, se sont révélés très peu consommés par les poissons. Vraisemblablement en raison de cette faible disponibilité en proies utiles, la croissance des alevins a été faible dans la première semaine d'élevage (cf annexe 1). En fin d'élevage, la taille au contraire exceptionnellement élevée des quelques alevins collectés dans les cages vides suggére un fort cannibalisme. Sur cette base, la différence de survie dans les cages vides et aménagées paraît pouvoir être attribuée à au moins deux facteurs complémentaires :

- un rôle de protection, joué par les supports en ficelle ou en palme, contre le cannibalisme (effet de cache),

		JOUR DU TRANSFERT DES ALEVINS EN ETANG							
DATE	AGE	J1	J2	J3 (NN)	J3 (N)	J4 (NN)	J4 (N)	J5 (NN)	J5 (N)
16/03/89	J0	100	100	100	100	100	100	100	100
17/03/89	1	100							
18/03/89	2		100						
19/03/89	3	85,5		100	100			100	100
20/03/89	4		66			100	100		
21/03/89	5	73		88,3	86,2			78,9	99,3
22/03/89	6		77,1			60,5	81,4		
23/03/89	7	62,2		71,4	75,8			25,6	74,3
24/03/89	8		66,7			46,5	66,3		
25/03/89	9	60,8		62,8	71,4			18,4	52,1
26/03/89	10		59,4			34,6	56,7		
27/03/89	11	57,7		57,2	63,6			14,3	37,5
28/03/89	12		57,2			34,3	51,2		
29/03/89	13	46,2		49,5	54,1			11,8	33,2
30/03/89	14		53,2			29	40,3		
31/03/89	15	42,9	48	36,7	42,4	27,8	36	10,5	27,8

Tableau 2 : Evolution de la survie (%) des larves et des alevins de *H. longifilis* jusqu'à J15 en fonction de leur âge lors du transfert en étang. Les données correspondent à la moyenne de deux observations par traitement.

J0 = jour de l'éclosion.

(N) : larves nourries avec *Artemia* entre J2 et le jour du transfert.

(NN) : larves non nourries avant le transfert

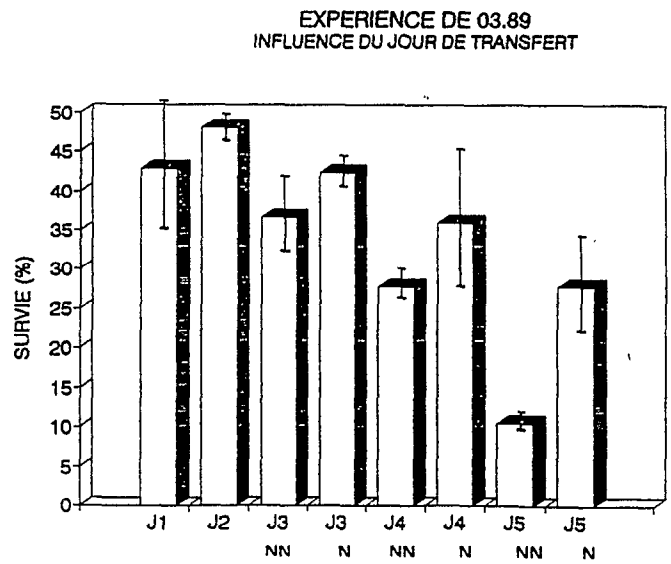


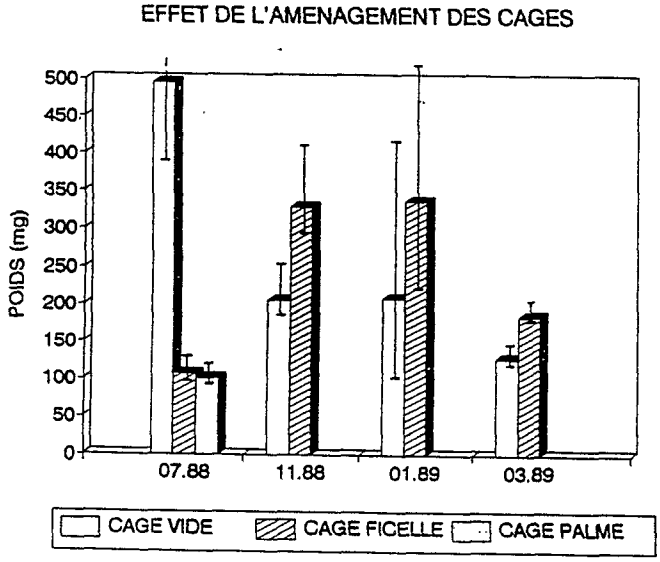
Figure 6 : Relation entre l'âge des alevins lors de leur transfert en étang et leur survie après 15 jours. Les barres verticales représentent les écarts entre réplicats.

(N) : larves nourries avec *Artemia* entre J2 et le transfert

(NN) : larves non nourries avant le transfert

DATE	N ALEVINS PAR CAGE	AGE FINAL (j)	CAGES NON AMENAGEES			CAGES AMENAGEES (ficelles)			CAGES AMENAGEES (palmes)		
			N OBSERV.	POIDS MOYEN (mg)	SURVIE MOYENNE (%)	N OBSERV.	POIDS MOYEN (mg)	SURVIE MOYENNE (%)	N OBSERV.	POIDS MOYEN (mg)	SURVIE MOYENNE (%)
07.88	3000	22	3	495 (373-654)	0,3 (0,3-0,4)	3	107 (89-119)	25,4 (20,8-29,2)	3	101 (92-109)	18,4 (11,1-29,6)
11.88	3200	15	3	205 (178-247)	40,6 (31,7-48,9)	4	328 (286-402)	31,0 (24,2-37,6)	0	/	/
01.89	2200-6800	15	4	208 (97-417)	19,6 (11,9-27,0)	4	337 (209-522)	14,5 (12,0-19,5)	0	/	/
03.89	12000	19	3	128 (121-136)	41,6 (32,1-48,9)	3	185 (173-198)	28,6 (21,6-33,7)	0	/	/

Tableau 3 : Essais comparatifs de croissance et de survie des alevins de *H. longifilis* en fonction des modalités d'aménagement des cages.
( ) : valeurs extrèmes.



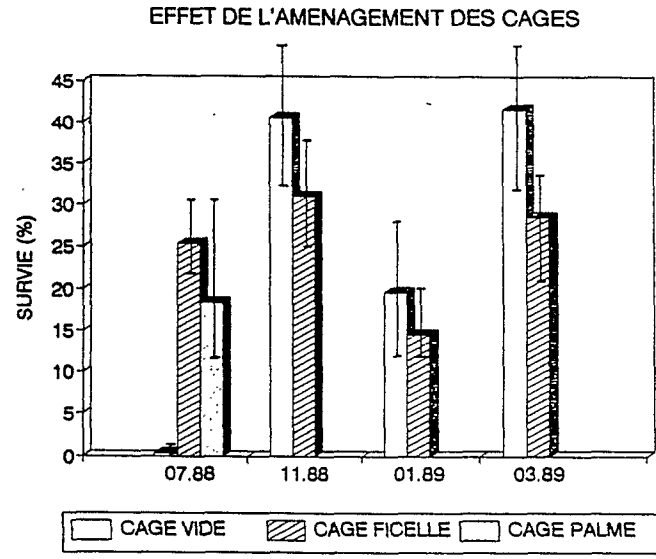


Figure 7 : Influence de l'aménagement des cages sur le poids moyen final et la survie des alevins de *H. longifilis*.
Les barres verticales représentent les écarts entre valeurs extrèmes.

- un rôle trophique (effet de surface) lié à une plus grande disponibilité en larves de chironomides (évidente lors de la pêche des cages), et qui peut en retour contribuer à limiter le cannibalisme.

Bien que les supports en ficelle ou en palme aient conduits à des résultats non significativement différents [2], les premiers, plus aisés à manipuler et imputrécibles, ont été conservés pour la suite des essais.

Dans les trois expériences de 11.88, 01.89 et 03.89, où les étangs ont un peuplement planctonique plus diversifié, les résultats obtenus sont très comparables :

- dans les cages aménagées, la survie apparaît légérement plus faible que dans les cages vides, mais cette différence n'est jamais significative,

- les poids moyens finaux sont toujours significativement plus élevés dans les cages aménagées. Comme précédemment, cela peut être attribué à une plus grande disponibilité en épibiontes (larves de chironomides, essentiellement) consommées pendant la deuxième semaine d'élevage. C'est en effet au cours de cette deuxième semaine que les courbes de croissance entre cages vides et aménagées divergent le plus nettement.(cf, annexe 1).

Les évolutions du peuplement zooplanctonique au cours des élevages (annexe 2), montrent que la disponibilité en proies planctoniques est très similaire dans les cages vides et dans les cages aménagées.

3.4- Effet du pompage

L'alimentation des cages avec une arrivée d'eau prélevée par pompage en étang offre les avantages suivants :

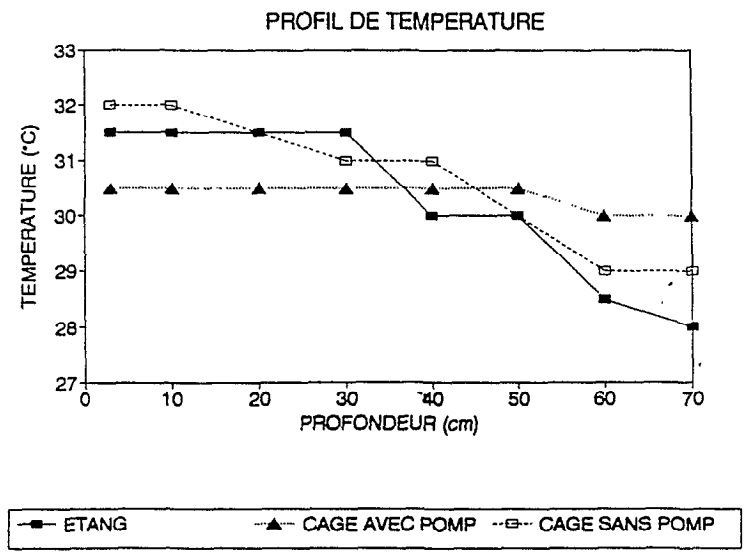
- le maintien ou même l'augmentation de la disponibilité en proies planctoniques dans les cages en comparaison de la disponibilité existante dans l'étang, et ceci malgré la pression de prédation excercée par les poissons. Dans les cages sans pompage, les effectifs des différentes espèces zooplanctoniques sont généralement plus faibles que dans l'étang (voir annexe 2).

- La réduction des variations de température et d'oxygène entre la surface et le fond de la cage (voir Fig. 8 pour exemple). En fin de journée, alors que la concentration en oxygène est souvent très élevée en surface, le pompage favorise à la fois l' oxygénation du fond et le dégazage des couches superficielles.

- Le maintien d'un renouvellement de l'eau malgré la réduction progressive de la taille des mailles du filet due au "fouling". Bien que ce colmatage puisse être limité par un

---

2) Les pourcentages de survie et les poids moyens finaux sont comparés par un test t de Student dans les expériences de 07.88, 11.88 et 03.89, et par une ANOVA à deux facteurs (densité x aménagement) dans celle de 01.89.



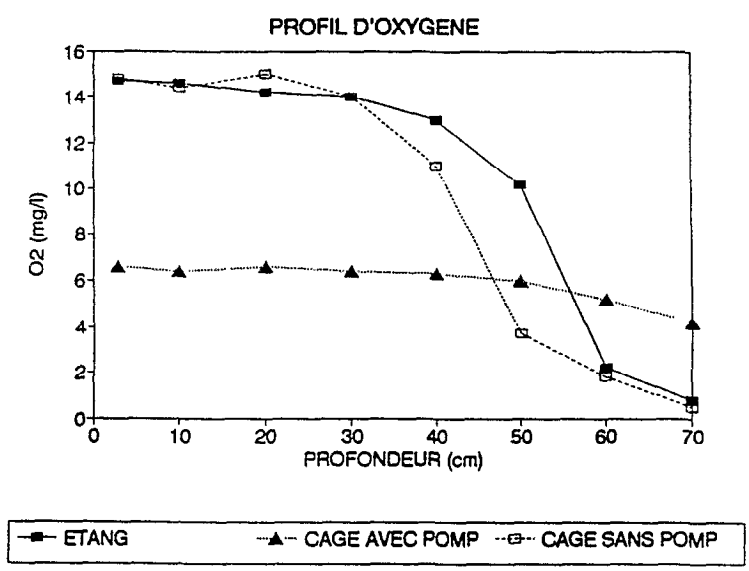


Figure 8 : Profils verticaux de température et de concentration en oxygène de l'eau dans l'étang et dans deux cages, avec et sans pompage (expérience de novembre 1988, mesures effectuées à 16h30).

DATE	N ALEVINS PAR CAGE (TYPE)	AGE FINAL (j)	CAGES AVEC POMPAGE			CAGES SANS POMPAGE		
			N OBSERV.	POIDS MOYEN (mg)	SURVIE MOYENNE (%)	N OBSERV.	POIDS MOYEN (mg)	SURVIE MOYENNE (%)
11.88	2700 (FICELLE)	15	4	328 (286-402)	31,0 (24,2-37,6)	2	263 (219-307)	28,7 (28,6-28,8)
01.89	2200 (FICELLE)	15	1	522	14,3	1	461	11
01.89	2200 (VIDE)	15	1	417	11,9	1	224	14,2
03.89	12000 (FICELLE)	19	3	185 (173-198)	28,6 (21,6-33,9)	2	51 (44-57)	15,8 (14,4-17,1)
03.89	12000 (VIDE)	19	3	128 (121-136)	41,6 (32,1-48,9)	2	58 (42-73)	14,4 (13,1-15,7)

Tableau 4 : Essais comparatifs de croissance et de survie des alevins de *H. longifilis* en fonction des modalités de renouvellement de l'eau dans les cages.
( ) : valeurs extrêmes.

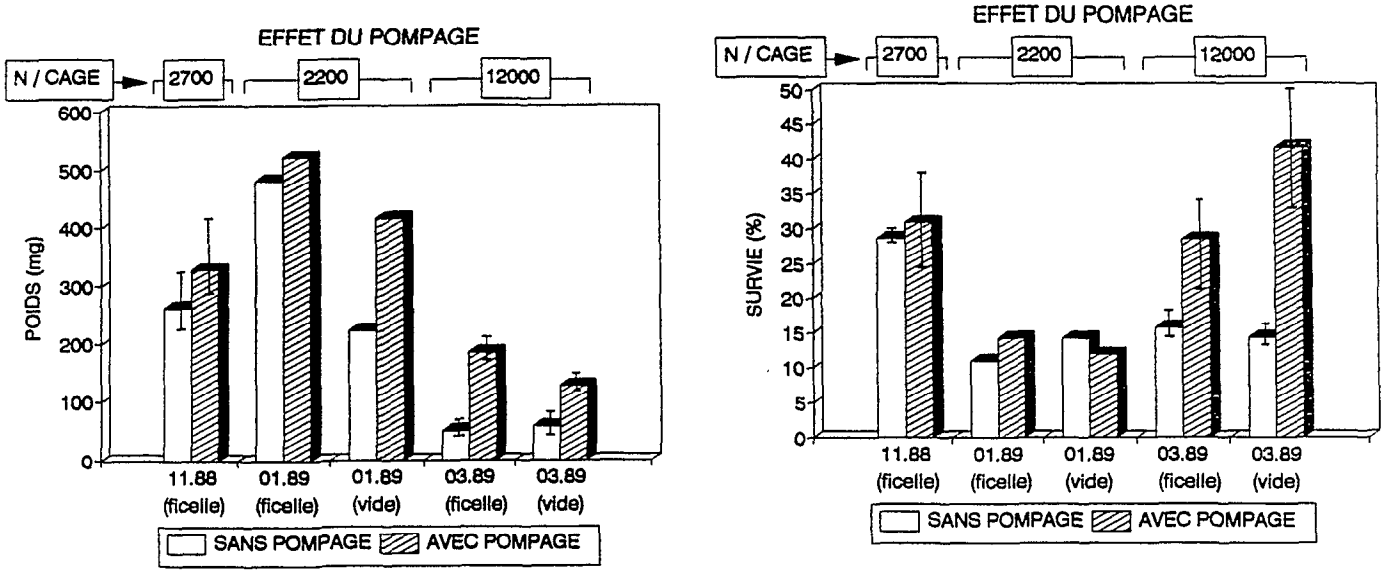


Figure 9 : Influence du pompage sur le poids moyen final et la survie des alevins de *H. longifilis* élevés en cages.
Les barres verticales représentent les écarts entre valeurs extrêmes.

brossage périodique, la stagnation de l'eau conduit parfois au développement d'un film bactérien en surface des cages sans pompage.

Ces effets sont bien évidemment dépendants du débit utilisé.

Les comparaisons des pourcentages de survie et des poids moyens obtenus en fin d'élevage dans trois expérimentations (11.88, 01.89 et 03.89) tendent cependant à nuancer l'importance du pompage (tab. 4 et Fig. 9). Lorsque la densité initiale d'empoissonnement est faible (2000 à 3000 individus par cage, ou 4 à 5 par litre), ni la survie, ni la croissance, ne montrent de différence significative en fonction du type de cage utilisé (avec ou sans pompage). En revanche, lorsque la densité d'empoissonnement est plus forte (12000 par cage, ou 15 par litre), la survie et la croissance sont toutes deux plus élevée dans les cages avec renouvellement d'eau ($P < 0,05$).

Bien que le pompage apparaisse comme un facteur de sécurité important pour le bon déroulement des élevages, son utilisation ne semble vraiment nécessaire que pour les fortes densités d'empoissonnement. La technique d'alevinage des Clariidae en cage est donc possible sur les stations ne disposant pas d'une alimentation électrique, à condition toutefois que la densité d'empoissonnement reste limitée.

3.5- Analyse globale des résultats de survie

Deux grandes périodes sont à distinguer dans les résultats des 15 expériences d'alevinage en cage (tab. 5 et Fig. 10).

Dans la première période, qui s'étend de octobre 1985 à mars 1989 et concerne 7 essais, les taux de survie moyens (tous traitements confondus) obtenus après deux à trois semaines d'élevage ont toujours excédé 15 %, avec des valeurs pouvant atteindre 50 %. Dans l'essai de mars 1989, 32500 alevins de *H. longifilis* de 110 mg de poids moyen ont ainsi été produits avec 10 cages (tab. 5).

Dans la seconde période, qui s'étend de mai 1989 à novembre 1990 et concerne 8 essais, les taux de survie moyens n'ont jamais dépassé 4 % quelles que soient les modalités d'élevage.

Ces deux périodes se distinguent aussi par une différence dans l'évolution temporelle de la mortalité.

Dans les expériences de la première période, les pourcentages de survie montrent une diminution assez progressive, avec toutefois une chute plus importante durant

H. LONGIFILIS

DATE	NBRE CAGES TESTEES	N ALEVINS PAR CAGE	DENSITE (n/l)	AGE FINAL (j)	P MOYEN FINAL (mg)	P MOYEN EXTREMES	SURVIE MOY. FINALE (%)	SURVIE EXTREMES	N ALEVINS PRODUITS
10.85	1	2500	4	18	49	/	50,0	/	1251
02.87	1	15000	25	20	126	/	21,8	/	3271
03.87	1	21400	36	14	16	/	17,4	/	3732
07.88	9	3000	4	22	234	89-653	14,7	0,3-29,6	3977
11.88	9	2700-3800	4-5	15	273	178-402	33,7	24,2-46,9	9435
01.89	10	2200-8800	4-15	15	288	97-522	16,1	11,0-27,0	8013
03.89	10	12000	15	19	116	42-198	27,1	13,1-48,9	32514
05.89	8	11700	20	17	255	180-471	3,5	1,2-5,8	2878
07.89	8	11400	13	14	101	45-184	3,4	1,2-11,0	3131
01.90	9	11500	20	6	5	/	2,0	/	2110
02.90	8	9000	15	15	260	203-489	0,6	0,1-1,8	432
04.90	9	9500	16	14	369	228-461	0,9	0,2-2,2	781
06.90	8	10000	16	8	9	7-10	0,3	0,0-1,1	222
10.90	9	12300	14	14	60	17-85	3,3	0,1-12,0	3613
11.90	10	8600	13	14	186	101-253	1,1	0,7-1,8	948

C. GARIEPINUS

DATE	NBRE CAGES TESTEES	N ALEVINS PAR CAGE	DENSITE (n/l)	AGE FINAL (j)	P MOYEN FINAL (mg)	P MOYEN EXTREMES	SURVIE MOY. FINALE (%)	SURVIE MOY. EXTREMES	N ALEVINS PRODUITS	LIEU
05.89	1	1700	3	17	1136	/	3,8	/	65	LAYO
14/05/90	2	2000	7	16	200	200-200	32,2	25,7-38,7	1287	BOUAKE
28/05/90	2	2000	7	24	455	430-480	18,5	18,2-18,7	738	BOUAKE

Tableau 5 : Recapitulatif des essais d'alevinage de *H. longifilis* et de *C. gariepinus* en cages implantées en étang.

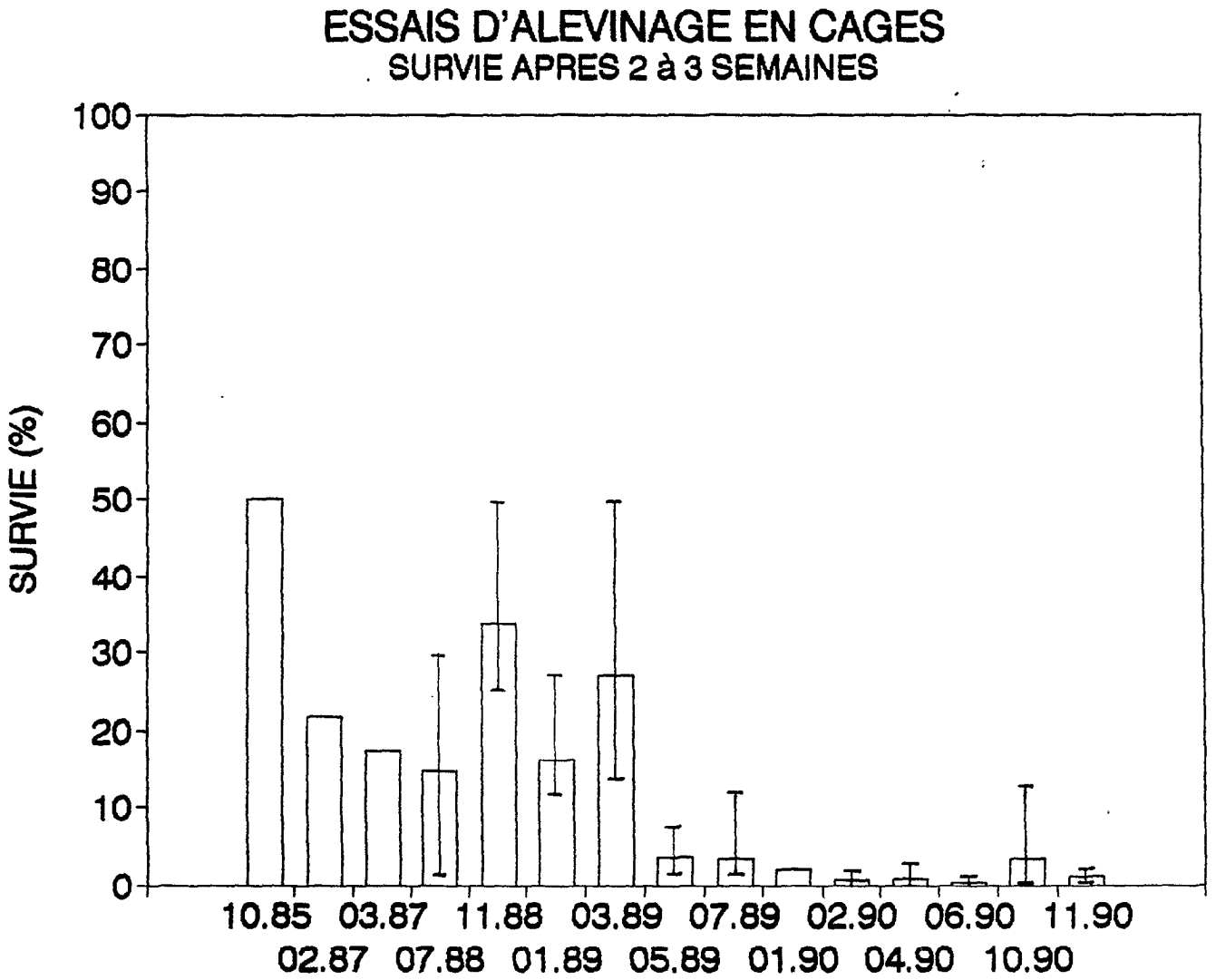


Figure 10 : Survie moyenne (tous traitements confondus) obtenue dans les 15 essais d'alevinage de *H. longifilis* effectués en cages à la station de Layo entre octobre 1985 et novembre 1990. Les barres verticales représentent les écarts entre valeurs extrèmes.

la première semaine d'élevage que durant la seconde (Fig. 11).

Dans les expériences de la seconde période, on constate que dès l'âge de 5 jours, soit 3 jours seulement après le transfert en étang, la survie des larves n'est plus comprise qu'entre 2 et 15 % (Fig. 11).

Ce phénomène ne semble pas pouvoir être attribué à une soudaine péjoration de la qualité des larves produites car :

- elles ont été obtenues à partir de stocks de géniteurs dont les conditions d'élevage sont restées stables,
- elles ont servi simultanément aux essais en cage et en circuit fermé d'eau douce. Or dans ce dernier, la survie moyenne en fin d'alevinage est supérieure à 60 % (voir annexe 3).

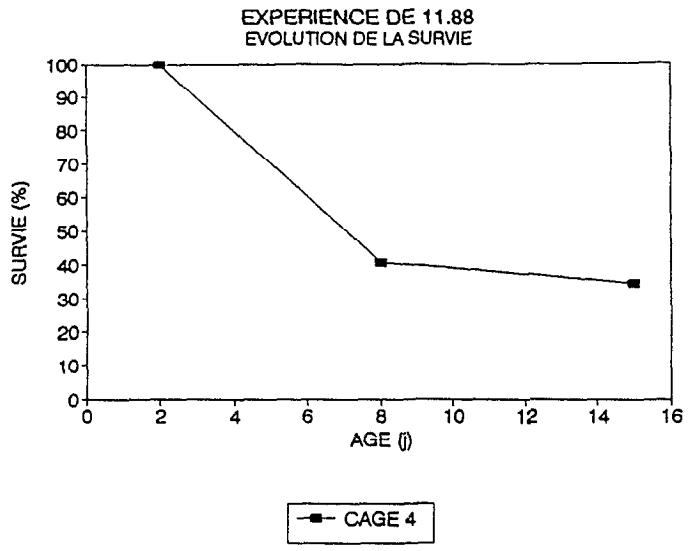
Les mortalités précoces et massives qui caractérisent la deuxième période seraient donc associées à l'apparition dans les étangs d'un facteur nouveau (ou une combinaison de facteurs) auquel les larves seraient particulièrement sensibles.

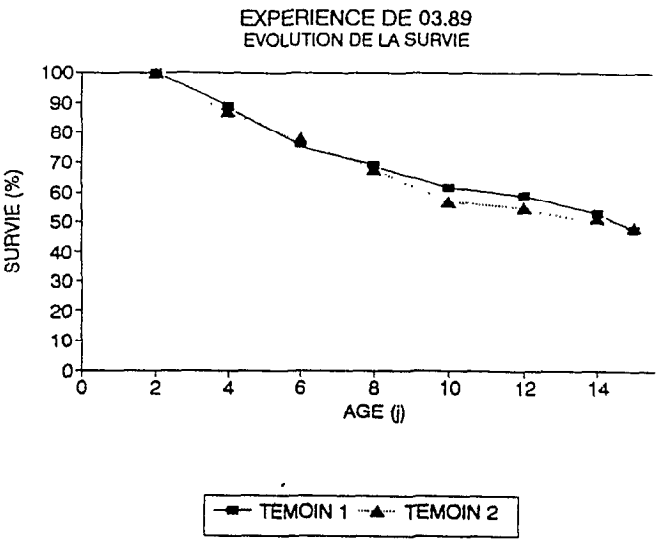
Une analyse de régression multiple progressive ("stepwise") réalisée sur l'ensemble des données relatives aux conditions d'élevage (zooplancton disponible, tab. 1; densités d'empoissonnement et physico-chimie des étangs, décrits en annexe 4) n'a pas permis de dégager de relation nette pouvant expliquer la baisse durable des taux de survie constatée dans la deuxième période d'expérimentation. Le problème ne serait donc lié directement, ni aux niveaux moyens, ni aux variations de la salinité, de la température ou de l'oxygène dans le milieu.

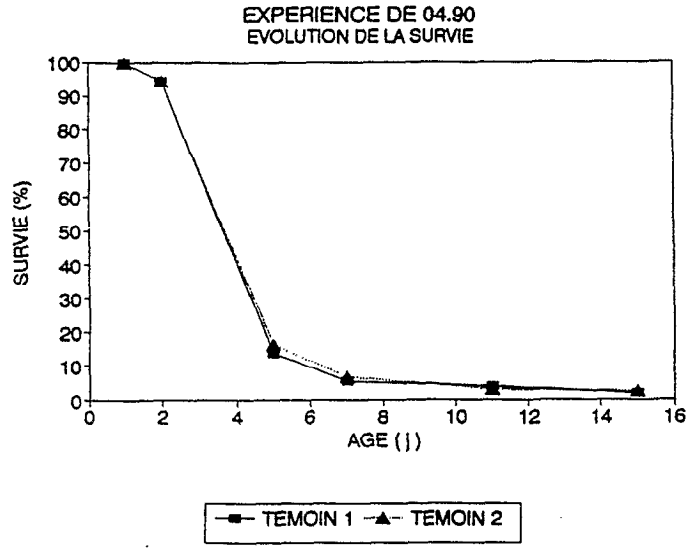
Dans ce sens il est à noter, d'une part, que la salinité des étangs est toujours restée en dessous de la limite de tolérance des larves (située entre 5 et 7 $g.l^{-1}$; Legendre, 1991) et, d'autre part, qu'une aération artificielle des cages (tentée en novembre 1990) n'a pas permis d'améliorer les résultats.

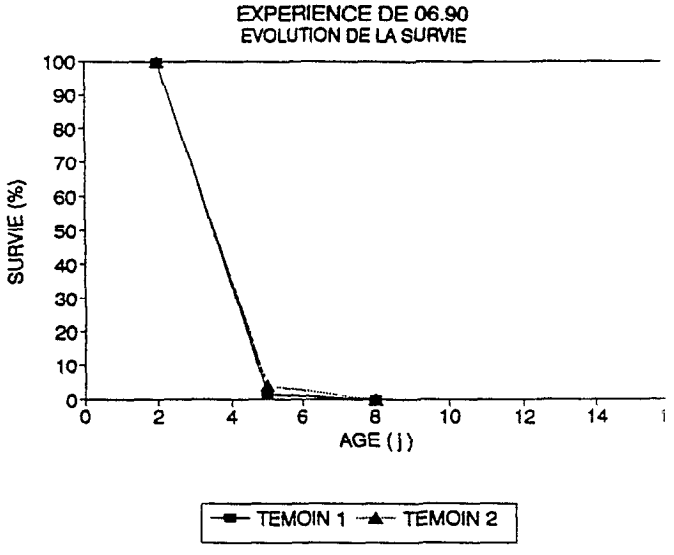
En fait, dans la seconde période des essais, il se pourrait que la mortalité précoce ait été le résultat d'un empoisonnement. On peut poser comme hypothèse une éventuelle pollution de la nappe phréatique superficielle alimentant les étangs (les épandages d'insecticide sont fréquents dans cette région de bananeraies) ou un possible changement dans sa composition chimique (augmentation de la teneur en ammoniaque ou en nitrite par exemple). Les recherches devraient être poursuivies dans ce sens.

Deux causes de mortalité de larves ou d'alevins de *H. longifilis* élévés en cage ont été identifiées. Mais dans la mesure où elles ont été observées sur les deux périodes









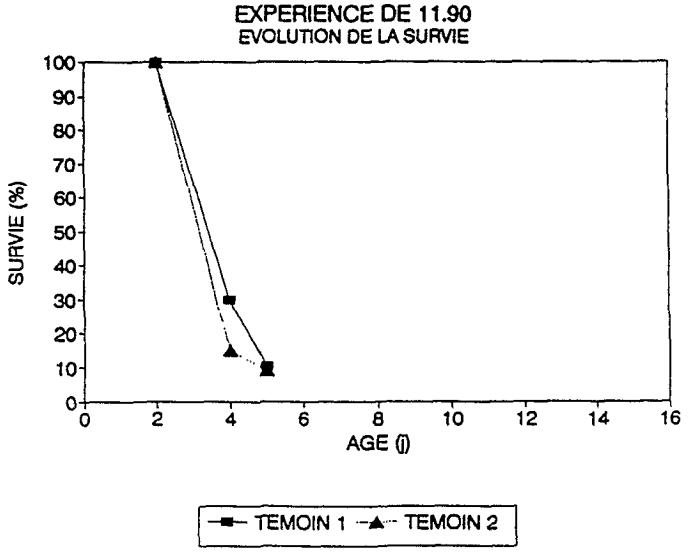


Figure 11 : Illustration de l'évolution de la survie en fonction de l'âge des alevins de *H. longifilis* durant la première (exp. de 11.88 et de 03.89) et la seconde période d'expérimentation (exp. de 04.90, 06.90 et 11.90).

d'expérimentation, elles ne constituent qu'un élément d'interprétation partiel des faibles survies enregistrées. Il s'agit de la présence de bulles de gaz dans l'abdomen des larves et de l'action d'organismes pathogènes.

La mortalité de larves provoquées par la présence de bulles de gaz a été observée à trois reprises dans les expériences de mars 1987, janvier 1990 et avril 1990. Dans les trois cas, ce problème s'est manifesté dans les deux jours consécutifs au transfert des larves en étang et a pu être associé à une eau simultanément chaude (plus de 30°C) et sursaturée en oxygène (plus de 200 %) (Fig. 12).

L'action des pathogènes se traduit par l'apparirion de zones hémorragiques et par le développement d'une excroissance céphalique formant une bosse au dessus de la fontanelle. Ce dernier symptôme, très caractéristique, a été observé dans la plupart des expérimentations réalisées, aussi bien dans la première que dans la deuxième période. Jusqu'ici, il n'a été observé que sur des individus âgés de plus de 6 jours. Des ensemencements sur milieu de culture à partir d'échantillons prélevés sur les poissons malades, permettent de supposer que la maladie serait associée à la présence d'un Staphyloccoque (Guiral, comm. pers. 1990). Le fait que ce germe ne se développe pas en eau douce pourrait en outre expliquer que cette pathologie n'ait jamais été observée sur les larves élevées en circuit fermé.

Après isolement et mise en culture de la souche, des essais de contamination par bain ont été effectués sur des larves élevées en bacs d'eau d'étang stérilisée. La mortalité a été plus importante dans les lots de larves contaminés que dans les lots témoins, mais sans que ces larves présentent la déformation céphalique caractéristique. L'existence d'une relation de cause à effet entre la présence de ce staphylocoque et le symptôme de "grosse tête" reste donc à démontrer. Des recherches plus approfondies sur la pathologie des larves de *H. longifilis* sont actuellement en cours.

3.6- Transfert vers le développement et essais avec *Clarias gariepinus*

Dans le souci d'assurer un transfert plus efficace entre la recherche et le développement, deux techniciens du Projet de Développement de la Pisciculture en Milieu Rural, MM Koffi et Bayé, ont été reçus à la station de Layo (du 16/01/90 au 26/01/90) pour un stage d'initiation aux techniques de reproduction induite de *H. longifilis* et d'alevinage en cages implantées en étang.

Après un échec initial (survie nulle), l'application de ces techniques au *Clarias gariepinus* sur la station de Loka a donné des résultats encourageants et tout à fait conformes à ceux obtenus à Layo avec *H. longifilis* jusqu'à la mi-89. Sur deux essais

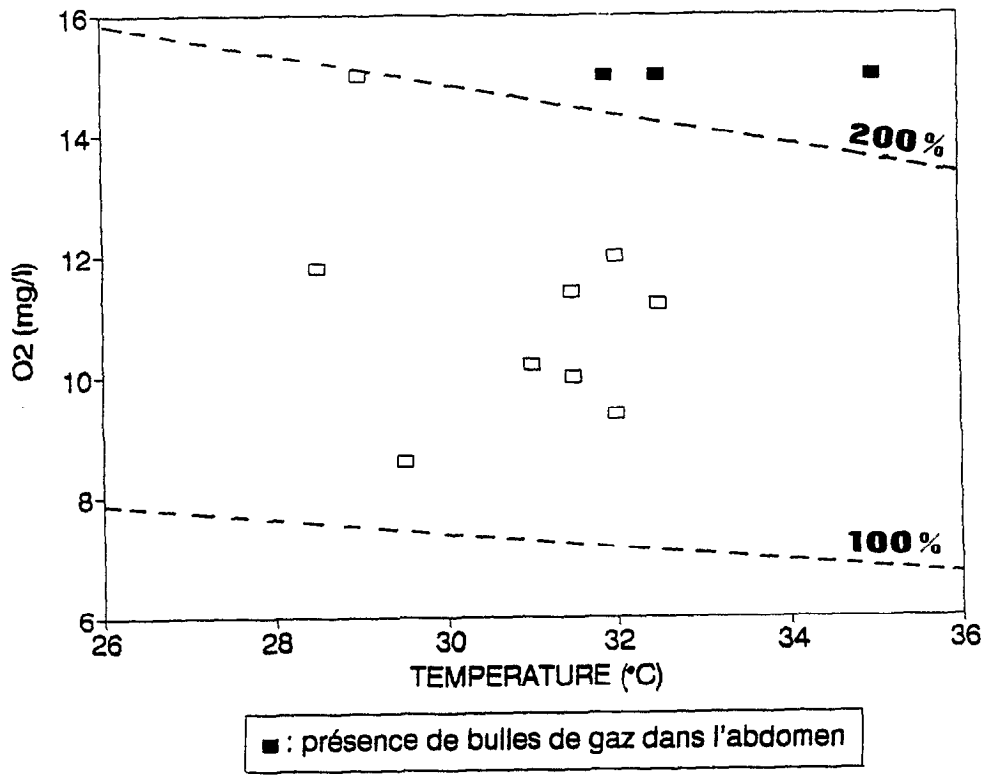


Figure 12 : Influence de la température maximale et de la concentration maximale en oxygène de l'eau sur l'apparition de bulles de gaz dans l'abdomen des larves de *H. longifilis* dans les trois jours suivant leur transfert en étang.

Les lignes en tiretés indiquent le 100 % et le 200 % de saturation en oxygène.

réalisés chacun avec 4000 larves de *C. gariepinus* réparties dans deux cages sans pompage, des survies comprises entre 18 et 39 % ont été obtenues après les deux à trois premières semaines d'élevage (tab. 5).

Ces résultats montrent que la technique peut

1) être appliquée sur une station en milieu rural et

2) convient à l'alevinage de *C. gariepinus*, ce qui était d'ailleurs prévisible compte tenu de la proximité morphologique et biologique des larves de *Clarias* et de *Heterobranchus*.

4- CONCLUSIONS

L'alevinage selon la méthode extensive d'élevage en cages implantées en étangs paraît particulièrement séduisant du fait de sa simplicité. Pendant les 8 premiers jours, le système ne nécessite aucun entretien, si ce n'est un brossage régulier des cages pour limiter leur colmatage. Cette relative facilité de mise en oeuvre et d'utilisation paraît favorable à une application dans le cadre de pisciculture rurales. Cette technique pourrait donc représenter une alternative intéressante au système d'alevinage en écloserie, qui conduit généralement à une survie élevée, mais dont la pratique requiert une technicité et un équipement plus importants.

Les essais réalisés ont permis de préciser différents points relatifs aux conditions d'application de l'alevinage en cage :

- La période la plus favorable au transfert des larves vers les cages se situe deux jours après l'éclosion, au moment de leur entrée en phase trophique.

- Les étangs doivent être riches en crustacés planctoniques (formes pré-adultes et adultes de copépodes et de cladocères), qui constituent des proies préférentielles, pour qu'une croissance rapide des larves soit obtenue durant la première semaine d'élevage. En outre, la survie est plus faible lorsque le peuplement planctonique se limite aux seuls rotifères.

- L'aménagement interne des cages avec des supports artificiels paraît présenter un double effet favorable,

1) une limitation du cannibalisme (effet de cache), lorsque la disponibilité en proies planctoniques est faible

2) une optimisation de la croissance liée à une plus grande disponibilité en larves de chironomides (effet de surface).

- La mise en place d'un pompage de l'étang vers les cages n'apparaît vraiment nécessaire pour le maintien de la survie et de la croissance des larves que lorsque la densité initiale d'empoissonnement est forte (environ 10000 larves par cage, ou 15 par litre). Ceci autorise l'application de la technique avec une densité d'empoissonnement réduite (3000 larves par cages ou 5 par litre) sur les stations où une alimentation électrique fait défaut.

- Les taux de survie obtenus à l'issue de l'ensemble des expérimentations réalisées montrent que, si la technique a fait ses preuves (plus de 30000 alevins ont été produits en un seul essai), son succès reste conditionné par la qualité de l'eau des étangs. Des températures ou des concentrations en oxygène trop élevées sont notamment à éviter.

La cause des faibles survies enregistrées à partir de la mi-89 n'a pu encore être clairement identifiée, mais elle semble liée à une évolution défavorable de l'environnement sur le site particulier de Layo.

Les résultats satisfaisants obtenus récemment sur la station de Loka confirment les possibilités d'application de cette technique en milieu rural pour l'alevinage des larves de clariidae (*Clarias* et *Heterobranchus*).

REFERENCES

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., M. M. Vismans, 1980. Controlled propagation of the African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.). II. Artificial reproduction. *Aquaculture*, 21, 39-53.

Janssen J., 1985. Elevage du poisson-chat africain *Clarias lazera* (Cuv. & Val.) en Réplublique Centrafricaine. II. Alevinage en écloserie. FAO/GCP/CAF/007/NET, Document technique n° 21, 49 p.

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.

Lazzaro X., 1987. A review of planktivorous fishes : Their evolution, feeding behaviours, selectivities, and impacts. *Hydrobiologia*, 46, 97-167.

Legendre M., 1986. 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., 1991. Bilan des premiers essais d'élevage d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Clariidae), en milieu lagunaire (Lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). Atelier international sur la recherche aquacole en afrique, nov. 1988, Bouaké, Côte d'Ivoire. Proc. CRDI (sous presse).

Legendre M., M. Pagano, L. Saint-Jean, 1987. Peuplements et biomasse zooplanctonique dans des étangs de pisciculture lagunaire (Layo, Côte d'Ivoire). Etude de la recolonisation après la mise en eau. *Aquaculture*, 67, 321-341.

Micha J.C., 1973. Etude des populations piscicoles de l'Ubangui et tentatives de sélection et d'adaptation de quelques espèces à l'étang de pisciculture. Centre Technique Forestier Tropical, Paris, 110 p.

Slembrouck J., M. Legendre, 1988. Aspects techniques de la reproduction controlée de *Heterobranchus longifilis* (Clariidae). Centre de Recherches Océanographiques, Abidjan, NDR 02/88, 20 p.

- ANNEXE 1 -

RECAPITULATIF DES 15 ESSAIS D'ALEVINAGE DE *H. LONGIFILIS* EN CAGES IMPLANTEES EN ETANG : CONDITIONS EXPERIMENTALES ET PRINCIPAUX RESULTATS

Liste des abréviations :

VID : cage non aménagée (vide)

FIC : cage aménagée (ficelle)

COCO : cage aménagée (palme de cocotier)

+ ou - DEB : cage avec ou sans arrivée d'eau par pompage (débit)

+ ou - ALIM : cage avec ou sans distribution d'aliment composé (Trouvit 000)

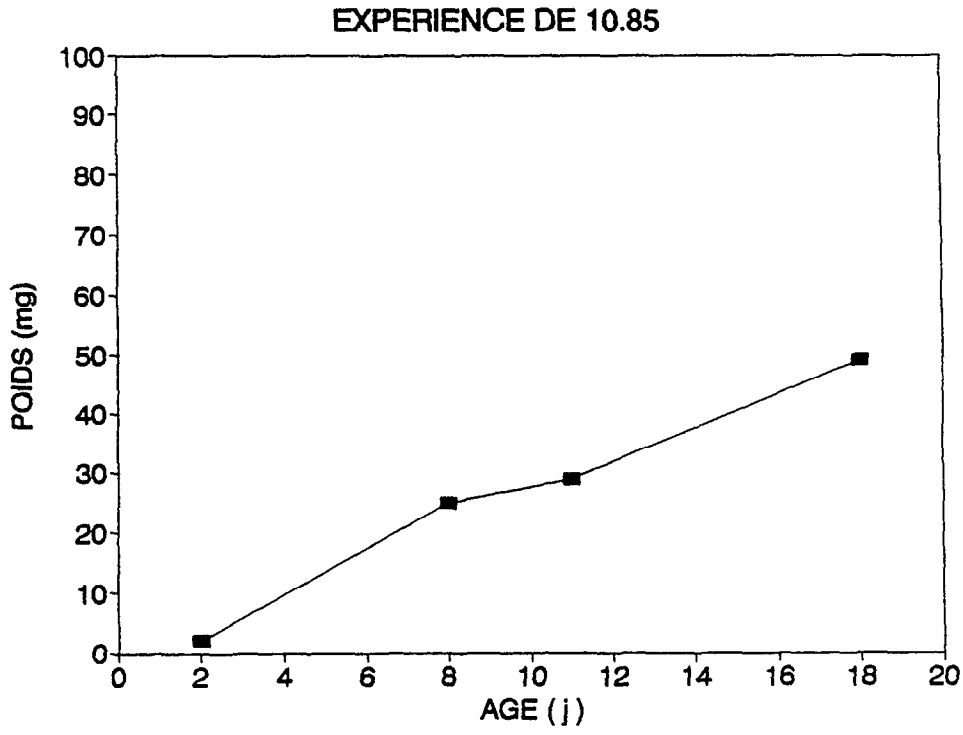
C.V. : coefficient de variation

BILAN DE L'ELEVAGE

DONNEES DE BASE DE L'EXPERIENCE DU : 10.85 DATE ECLOSION : 18/10/85

	CAGE 1
TYPE DE CAGE	VIDE
EFFECTIF INITIAL	2500
EFFECTIF FINAL	1251
N OBSERVATIONS	1
AGE FINAL (j)	18
SURVIE (%)	50,0
POIDS FINAL (mg)	49
C.V. POIDS (%)	24,8

PAS DE DISTRIBUTION D'ALIMENT COMPOSE

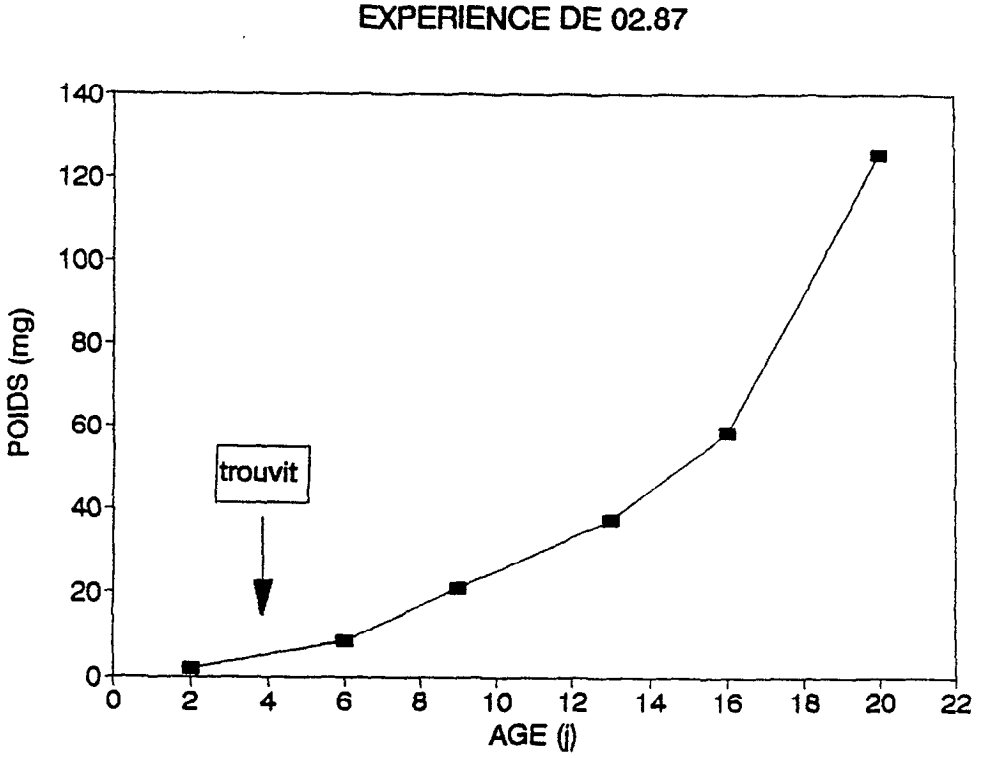


BILAN DE L'ELEVAGE

DONNEES DE BASE DE L'EXPERIENCE DU : 02.87 DATE ECLOSION : 11/02/87

TABLEAU RECAPITULATIF

TRAITEMENT	1
TYPE DE CAGE	VIDE
EFFECTIF INITIAL	15000
EFFECTIF FINAL	3271
N OBSERVATIONS	1
AGE FINAL (j)	20
SURVIE (%)	21,8
POIDS FINAL (mg)	125,5
C.V. POIDS (%)	39

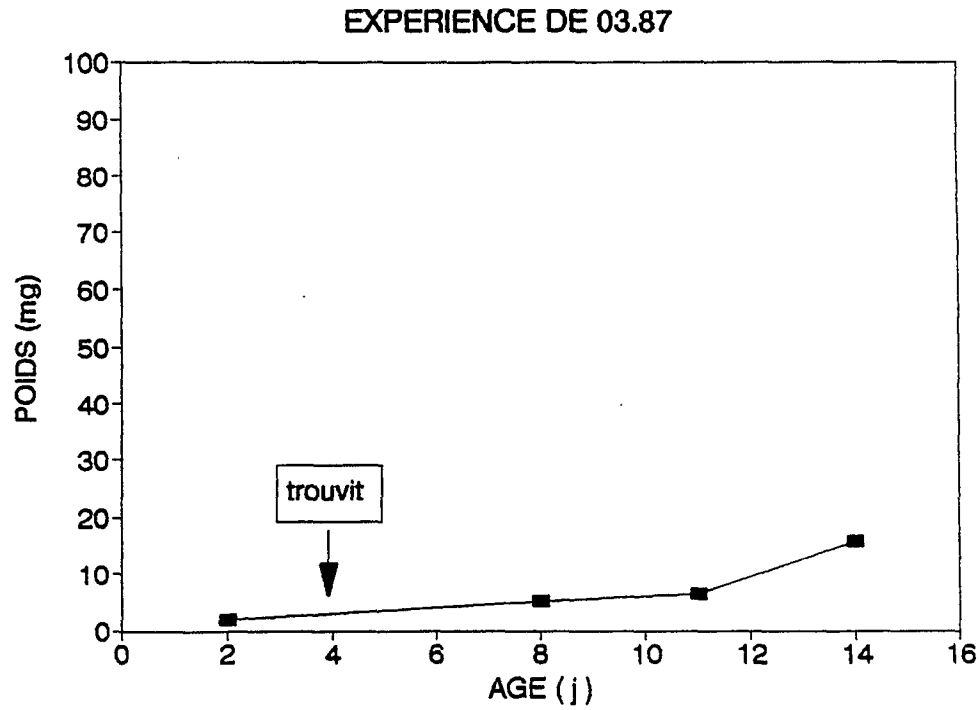


BILAN DE L'ELEVAGE

DONNEES DE BASE DE L'EXPERIENCE DU : 03.87 DATE ECLOSION : 26/03/87

TABLEAU RECAPITULATIF

TRAITEMENT	1
TYPE DE CAGE	VIDE
EFFECTIF INITIAL	21400
EFFECTIF FINAL	3732
N OBSERVATIONS	1
AGE FINAL (j)	14
SURVIE (%)	17,4
POIDS FINAL (mg)	15,8
C.V. POIDS (%)	35,4



BILAN DE L'ELEVAGE

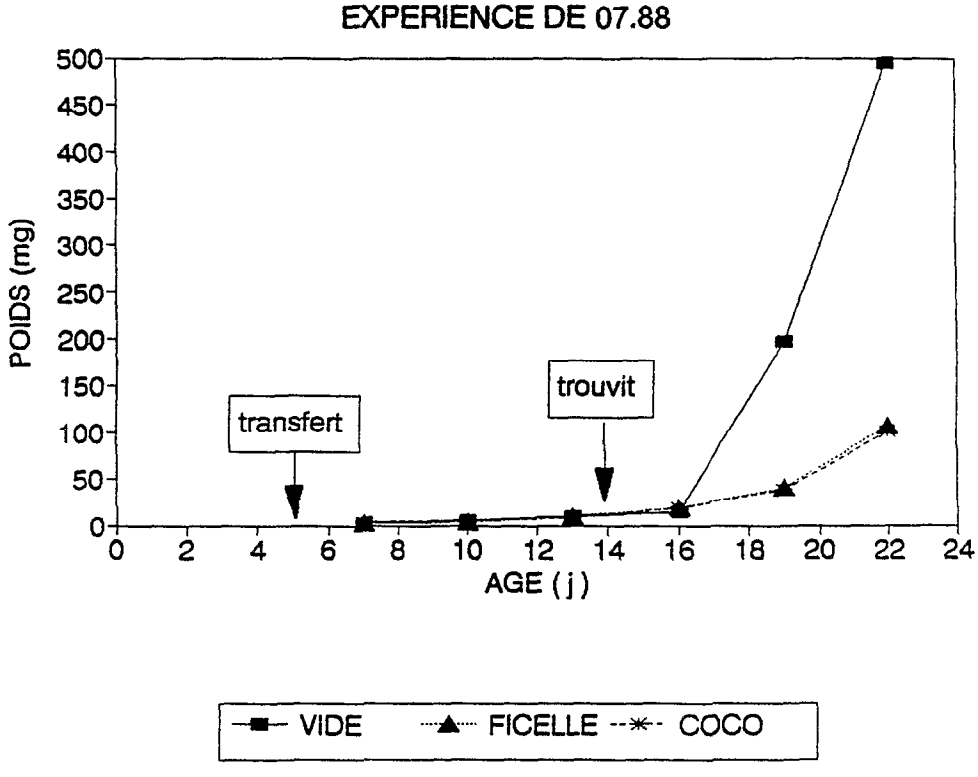
DONNEES DE BASE DE L'EXPERIENCE DU : 07.88 DATE ECLOSION : 29/06/88

	CAGE 1	CAGE 2	CAGE 3	CAGE 4	CAGE 5	CAGE 6	CAGE 7	CAGE 8	CAGE 9
TYPE DE CAGE	FICELLE	VIDE	COCO	VIDE	COCO	FICELLE	FICELLE	VIDE	COCO
EFFECTIF INITIAL	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000	3000
EFFECTIF FINAL	624	9	438	11	332	875	791	10	887
AGE FINAL (j)	22	22	22	22	22	22	22	22	22
SURVIE (%)	20,8	0,3	14,6	0,4	11,1	29,2	26,4	0,3	29,6
POIDS FINAL (mg)	88,8	372,5	109,3	653,6	101,5	119,3	111,5	457,5	92,2
C.V. POIDS (%)	53,2	110,7	68,4	86,1	69,3	52	37,4	92,3	56,4

MISE EN CAGE DIFFEREE A J5 AVEC 2 REPAS ARTEMIA PREALABLES

TABLEAU RECAPITULATIF

TRAITEMENT	1	2	3
TYPE DE CAGE	VIDE	FICELLE	COCO
EFFECTIF INITIAL	3000	3000	3000
EFFECTIF FINAL	10	763	552
N OBSERVATIONS	3	3	3
AGE FINAL (j)	22	22	22
SURVIE (%)	0,3	25,4	18,4
POIDS FINAL (mg)	494,5	106,5	101,0
C.V. POIDS (%)	96,4	47,5	64,7



BILAN DE L'ELEVAGE

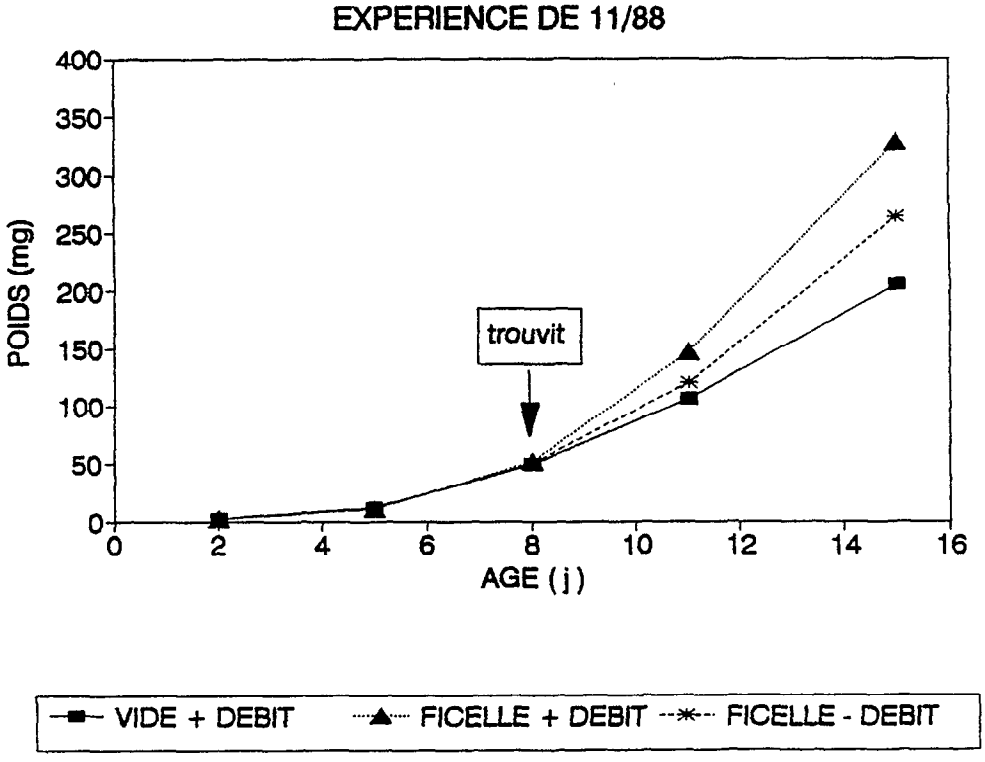
DONNEES DE BASE DE L'EXPERIENCE DU : 11.88 DATE ECLOSION : 10/11/88

	CAGE 1	CAGE 2	CAGE 3	CAGE 4	CAGE 5	CAGE 6	CAGE 7	CAGE 8	CAGE 9	CAGE 10
TYPE DE CAGE	FIC+DEB	FIC+DEB	VID+DEB	FIC+DEB	NON	FIC-DEB	FIC-DEB	FIC+DEB	VID+DEB	VID+DEB
EFFECTIF INITIAL	3000	3800	3000	2000	UTILISEE	2700	2700	3800	3000	3800
EFFECTIF FINAL	1127	1169	1466	695		772	778	919	952	1557
AGE FINAL (j)	15	15	15	15		15	15	15	15	15
SURVIE (%)	37,6	30,8	48,9	34,8		28,6	28,8	24,2	31,7	41,0
POIDS FINAL (mg)	290	286	190	402		307	219	332	247	178
C.V. POIDS (%)	23,9	22,3	16,3	19,8		20,4	21,3	20,9	20	17,9

à 8 j, il y a 40,6% de survie dans la cage n°4, donc 60% des alevins sont morts en 1er semaine.

TABLEAU RECAPITULATIF

TRAITEMENT	1	2	3
TYPE DE CAGE	VID+DEB	FIC+DEB	FIC-DEB
EFFECTIF INITIAL	3267	3150	2700
EFFECTIF FINAL	1325	978	775
N OBSERVATIONS	3	4	2
AGE FINAL (j)	15	15	15
SURVIE (%)	40,6	31,0	28,7
POIDS FINAL (mg)	205	328	263
C.V. POIDS (%)	18,1	21,7	20,9

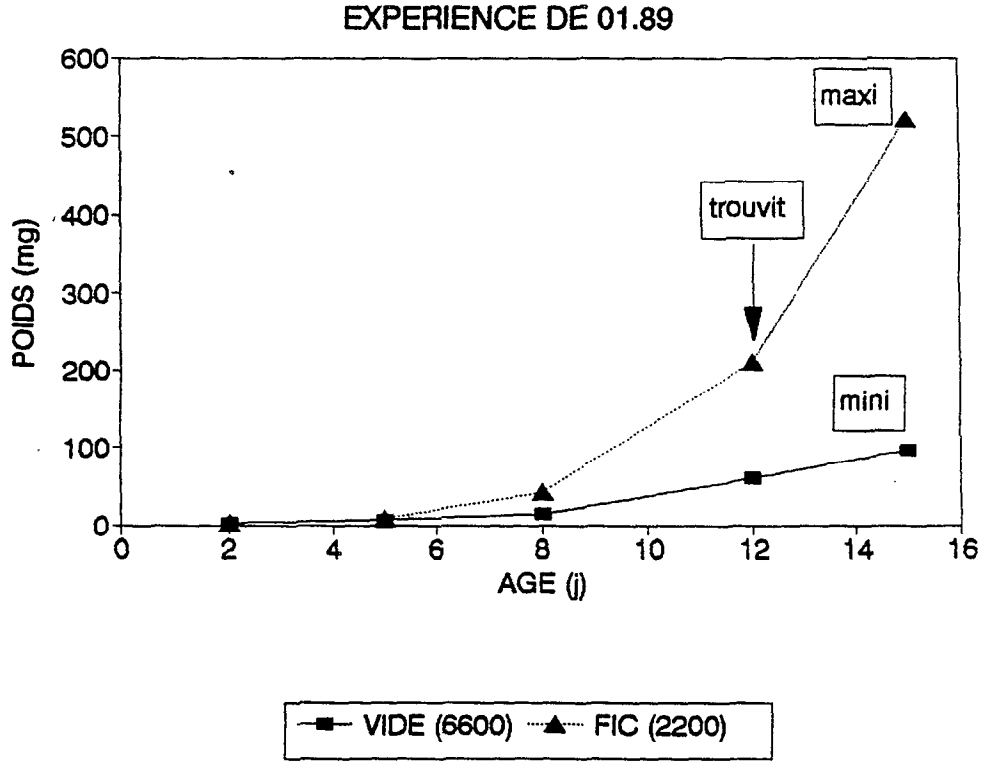


BILAN DE L'ELEVAGE

DONNEES DE BASE DE L'EXPERIENCE DU : 01.89 DATE ECLOSION : 19/01/89

TABLEAU RECAPITULATIF

TRAITEMENT	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	CAGE 5	CAGE 6	CAGE 3	CAGE 10	CAGE 9	CAGE 8	CAGE 1	CAGE 2	CAGE 7	CAGE 4
TYPE DE CAGE	VID-DEB	FIC-DEB	VID+DEB	FIC+DEB	VID+DEB	FIC+DEB	VID+DEB	FIC+DEB	VID+DEB	FIC+DEB
EFFECTIF INITIAL	2200	2200	2200	2200	4400	4400	6600	6600	8800	8800
EFFECTIF FINAL	312	242	262	315	1087	859	1785	793	1289	1069
N OBSERVATIONS	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
AGE FINAL (j)	15	15	15	15	15	15	15	15	15	15
SURVIE (%)	14,2	11,0	11,9	14,3	24,7	19,5	27,0	12,0	14,6	12,1
POIDS FINAL (mg)	224	481	417	522	163	360	97	256	154	209
C.V. POIDS (%)	23,2	27,7	25,7	22,6	22,7	22,5	21,6	29,3	20,8	24,9



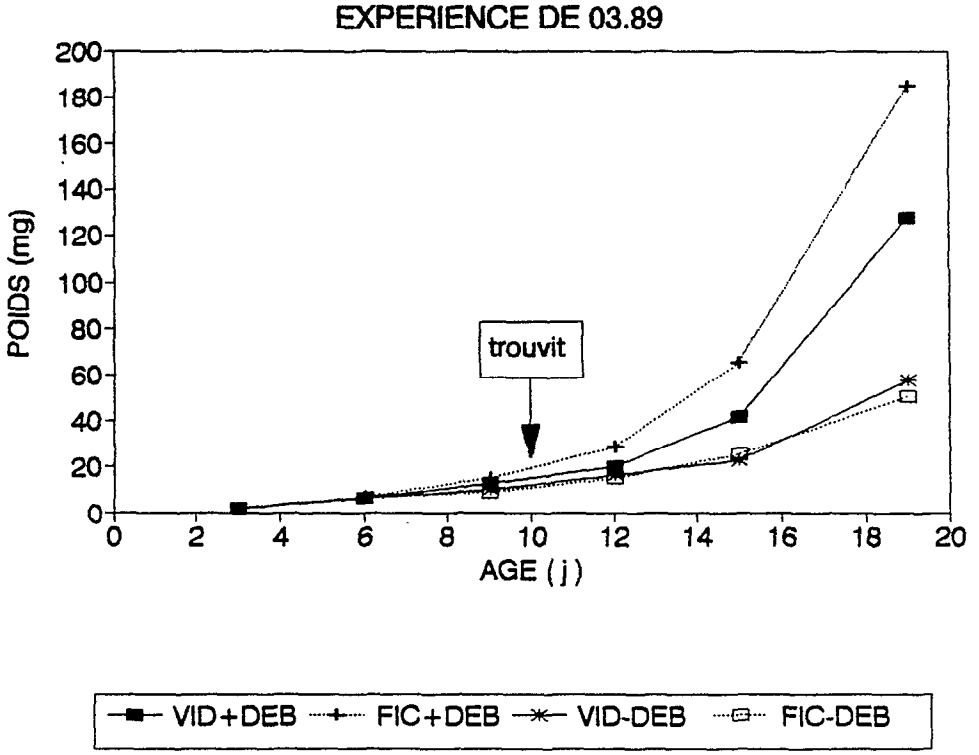
BILAN DE L'ELEVAGE

DONNEES DE BASE DE L'EXPERIENCE DU : 03.89 DATE ECLOSION : 16/03/89

	CAGE 1	CAGE 2	CAGE 3	CAGE 4	CAGE 5	CAGE 6	CAGE 7	CAGE 8	CAGE 9	CAGE 10
TYPE DE CAGE	VID+DEB	FIC+DEB	VID+DEB	FIC-DEB	VID-DEB	FIC-DEB	VID-DEB	FIC+DEB	VID+DEB	FIC+DEB
EFFECTIF INITIAL	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000	12000
EFFECTIF FINAL	5269	3614	3850	1731	1889	2054	1575	2594	5868	4070
AGE FINAL (j)	19	19	19	19	19	19	19	19	19	19
SURVIE (%)	43,9	30,1	32,1	14,4	15,7	17,1	13,1	21,6	48,9	33,9
POIDS FINAL (mg)	121	184	136	44	42	57	73	198	127	173
C.V. POIDS (%)	28,8	42,2	26,3	65,2	42,9	39,7	146,9	40,8	22,5	32,9

TABLEAU RECAPITULATIF

TRAITEMENT	1	2	3	4
TYPE DE CAGE	VID+DEB	FIC+DEB	VID-DEB	FIC-DEB
EFFECTIF INITIAL	12000	12000	12000	12000
EFFECTIF FINAL	4996	3426	1732	1893
N OBSERVATIONS	3	3	2	2
AGE FINAL (j)	19	19	19	19
SURVIE (%)	41,6	28,6	14,4	15,8
POIDS FINAL (mg)	128	185	58	51
C.V. POIDS (%)	25,9	38,6	94,9	52,5



BILAN DE L'ELEVAGE

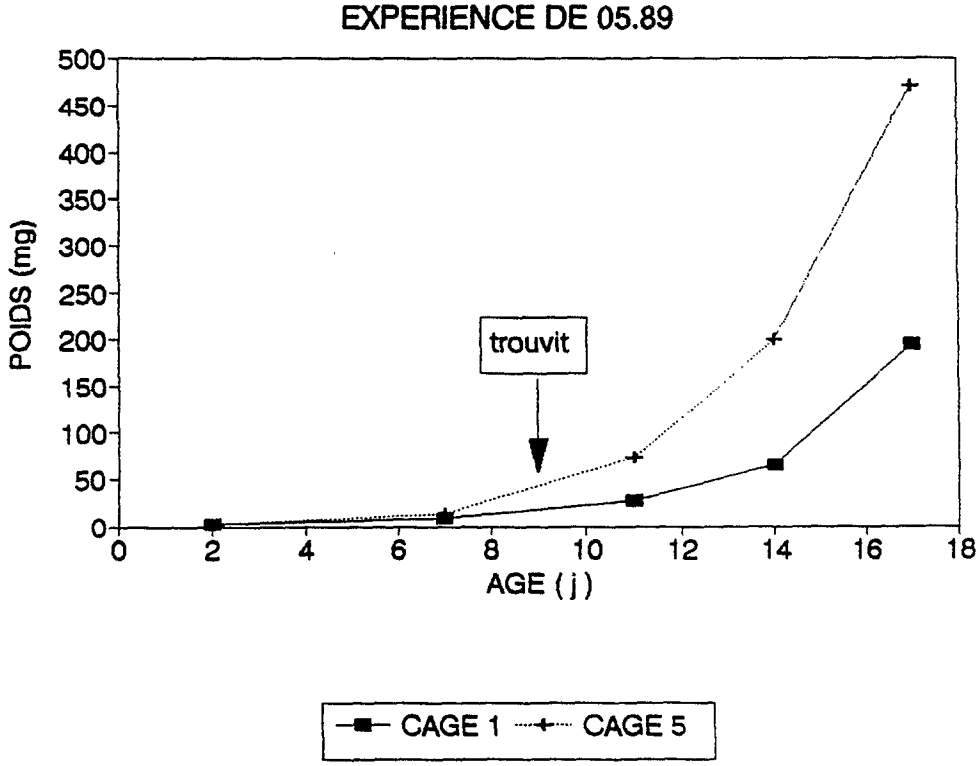
DONNEES DE BASE DE L'EXPERIENCE DU : 05.89 DATE ECLOSION : 26/05/89

	CAGE 1	CAGE 2	CAGE 3	CAGE 4	CAGE 5	CAGE 6	CAGE 7	CAGE 8
TYPE DE CAGE	VIDE	VIDE	VIDE	VIDE	VIDE	VIDE	VIDE	VIDE
EFFECTIF INITIAL	12000	12000	12000	12000	12000	12000	11500	1700
EFFECTIF FINAL	505	478	311	447	144	693	300	65
AGE FINAL (j)	17	17	17	17	17	17	17	17
SURVIE (%)	4,2	4,0	2,6	3,7	1,2	5,8	2,6	3,8
POIDS FINAL (mg)	195	251	196	180	471	190	301	1136
C.V. POIDS (%)	40	55,4	38,3	45	40,1	50,5	47,5	57

CAGE 1 A 7 : HETEROBRANCHUS LONGIFILIS
CAGE 8 : CLARIAS GARIEPINUS

TABLEAU RECAPITULATIF

TRAITEMENT	1	2
TYPE DE CAGE	VID/HLO	VID/CGA
EFFECTIF INITIAL	11900	1700
EFFECTIF FINAL	411	65
N OBSERVATIONS	7	1
AGE FINAL (j)	17	17
SURVIE (%)	3,5	3,8
POIDS FINAL (mg)	255	1136
C.V. POIDS (%)	45,3	57



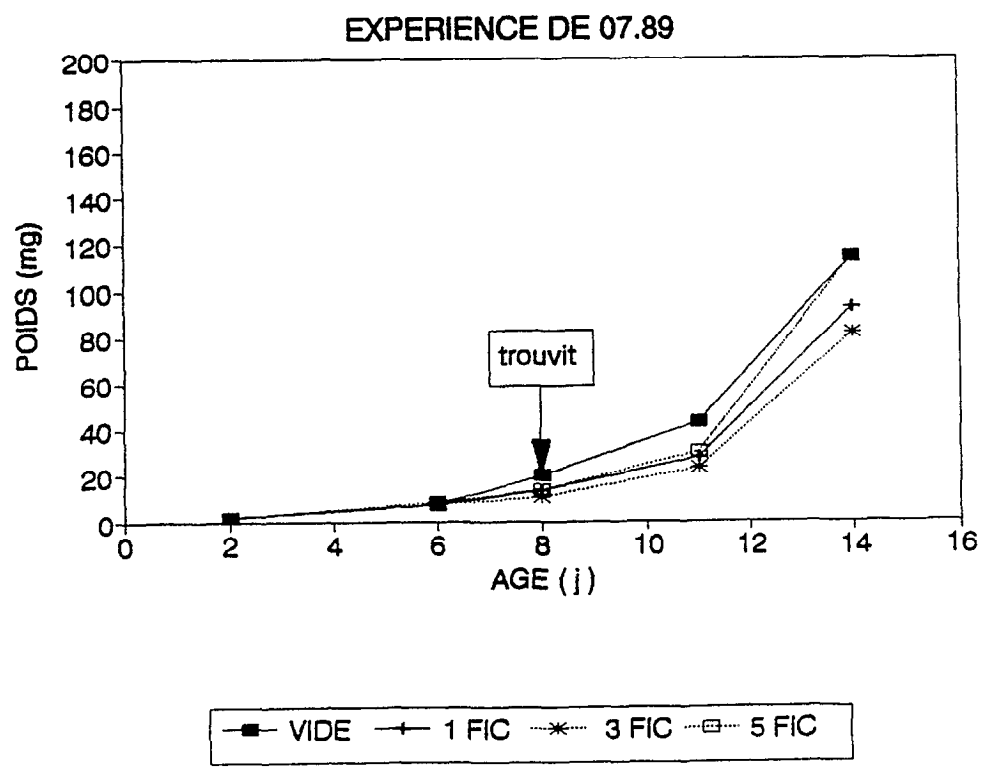
BILAN DE L'ELEVAGE

DONNEES DE BASE DE L'EXPERIENCE DU : 07.89 DATE ECLOSION : 04/07/89

	CAGE 1	CAGE 2	CAGE 3	CAGE 4	CAGE 5	CAGE 6	CAGE 7	CAGE 8
TYPE DE CAGE	VIDE	1 FIC	5 FIC	VIDE	5 FIC	3 FIC	3 FIC	1 FIC
EFFECTIF INITIAL	11400	11400	11400	11400	11400	11400	11400	11400
EFFECTIF FINAL	134	646	229	1255	298	255	176	138
AGE FINAL (j)	14	14	14	14	14	14	14	14
SURVIE (%)	1,2	5,7	2,0	11,0	2,6	2,2	1,5	1,2
POIDS FINAL (mg)	184	58	151	45	78	79	84	128
C.V. POIDS (%)	27,7	48,3	41,7	35,6	50	50,6	64	44,5

TABLEAU RECAPITULATIF

TRAITEMENT	1	2	3	4
TYPE DE CAGE	VIDE	1 FIC	3 FIC	5 FIC
EFFECTIF INITIAL	11400	11400	11400	11400
EFFECTIF FINAL	695	392	216	264
N OBSERVATIONS	2	2	2	2
AGE FINAL (j)	14	14	14	14
SURVIE (%)	6,1	3,4	1,9	2,3
POIDS FINAL (mg)	115	93	82	115
C.V. POIDS (%)	31,7	46,4	57,3	45,9



BILAN DE L'ELEVAGE

DONNEES DE BASE DE L'EXPERIENCE DU : 01.90 DATE ECLOSION : 18/01/90

	CAGE 1	CAGE 2	CAGE 3	CAGE 4	CAGE 5	CAGE 6	CAGE 7	CAGE 8	CAGE 9
TYPE DE CAGE	VID+DEB	FIC+DEB	VID+DEB	FIC+DEB	VID-DEB	VID+DEB	FIC+DEB	VID+DEB	FIC+DEB
EFFECTIF INITIAL	13600	13600	13600	13600	2100	13000	12000	11000	13600
EFFECTIF FINAL									
AGE FINAL (j)	6	6	6	6	6	6	6	6	6
SURVIE (%)									
POIDS FINAL (mg)									
C.V. POIDS (%)									

TABLEAU RECAPITULATIF

TRAITEMENT	1	
TYPE DE CAGE	DIVERS	
EFFECTIF INITIAL	11500	
EFFECTIF FINAL	234	
N OBSERVATIONS	9	
AGE FINAL (j)	6	
SURVIE (%)	2,0	
POIDS FINAL (mg)	5	DETERMINES APRES MELANGE DE TOUS LES ALEVINS
C.V. POIDS (%)	15,0	

A J4 (22/01/90), LES SURVIES SONT DE 2,5 % ET DE 8,5 % DANS LES 2 PETITES CAGES DE CONTROLE

BILAN DE L'ELEVAGE :

DONNEES DE BASE DE L'EXPERIENCE DU : 02.90 DATE ECLOSION : 25/01/90

	CAGE 1	CAGE 2	CAGE 3	CAGE 4	CAGE 5	CAGE 6	CAGE 7	CAGE 8	CAGE 9
TYPE DE CAGE	VID+ALIM	FIC+ALIM	VID-ALIM	FIC-ALIM		VID-ALIM	FIC-ALIM	VID+ALIM	FIC+ALIM
EFFECTIF INITIAL	9000	9000	9000	9000		9000	9000	9000	9000
EFFECTIF FINAL	65	6	83	40		62	30	165	37
AGE FINAL (j)	15	15	15	15		15	15	15	15
SURVIE (%)	0,7	0,1	0,9	0,4		0,7	0,3	1,8	0,4
POIDS FINAL (mg)	207	489	201	264		210	203	237	276
C.V. POIDS (%)	38,2	159	45,3	41,7		48,6	53,2	28,3	61,2

-ALIM : AUCUN ALIMENT COMPOSE

+ALIM : TROUVIT A PARTIR DE J8, 4 REPAS PAR 24 H

TABLEAU RECAPITULATIF

TRAITEMENT	1
TYPE DE CAGE	DIVERS
EFFECTIF INITIAL	9000
EFFECTIF FINAL	54
N OBSERVATIONS	8
AGE FINAL (j)	15
SURVIE (%)	0,6
POIDS FINAL (mg)	260
C.V. POIDS (%)	59,4

BILAN DE L'ELEVAGE

DONNEES DE BASE DE L'EXPERIENCE DU : 04.90 DATE ECLOSION : 19/04/90

	CAGE 1	CAGE 2	CAGE 3	CAGE 4	CAGE 5	CAGE 6	CAGE 7	CAGE 8	CAGE 9
TYPE DE CAGE	VID-ALIM	VID-ALIM	FIC+ALIM	VID+ALIM	VID-ALIM	VID+ALIM	FIC+ALIM	VID-ALIM	FIC-ALIM
EFFECTIF INITIAL	9500	9200	9300	9600	12500	9600	9600	10500	9400
EFFECTIF FINAL	46	51	79	131	38	124	65	226	21
AGE FINAL (j)	14	14	14	14	14	14	14	14	14
SURVIE (%)	0,5	0,6	0,8	1,4	0,3	1,3	0,7	2,2	0,2
POIDS FINAL (mg)	406	374	228	432	461	506	362	265	285
C.V. POIDS (%)	39,4	32,6	36,8	28,5	49,7	68	147	35,1	24,6

-ALIM : AUCUN ALIMENT COMPOSE

+ALIM : TROUVIT A PARTIR DE J8 (27/04/90), 4 REPAS PAR 24 H

TABLEAU RECAPITULATIF

TRAITEMENT	1
TYPE DE CAGE	DIVERS
EFFECTIF INITIAL	9911
EFFECTIF FINAL	87
N OBSERVATIONS	9
AGE FINAL (j)	14
SURVIE (%)	0,9
POIDS FINAL (mg)	369
C.V. POIDS (%)	51,0

BILAN DE L'ELEVAGE

DONNEES DE BASE DE L'EXPERIENCE DU : 06.90 DATE ECLOSION : 14/06/90

	CAGE 1	CAGE 2	CAGE 3	CAGE 4	CAGE 5	CAGE 6	CAGE 7	CAGE 8
TYPE DE CAGE	VID+DEB	FIC+DEB	VID+DEB	FIC+DEB	VID+DEB	FIC+DEB	VID+DEB	FIC+DEB
EFFECTIF INITIAL	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000	10000
EFFECTIF FINAL	12	7	0	5	36	26	25	111
AGE FINAL (j)	8	8	8	8	8	8	8	8
SURVIE (%)	0,1	0,1	0,0	0,1	0,4	0,3	0,3	1,1
POIDS FINAL (mg)	10	7						
C.V. POIDS (%)	38	70,8						

TABLEAU RECAPITULATIF

TRAITEMENT	1
TYPE DE CAGE	DIVERS
EFFECTIF INITIAL	10000
EFFECTIF FINAL	28
N OBSERVATIONS	8
AGE FINAL (j)	8
SURVIE (%)	0,3
POIDS FINAL (mg)	8
C.V. POIDS (%)	50

BILAN DE L'ELEVAGE

DONNEES DE BASE DE L'EXPERIENCE DU : 10.90 DATE ECLOSION : 11/10/90

TABLEAU RECAPITULATIF

TRAITEMENT	1	2	3	4	5
TYPE DE CAGE	VID-ALIM	VID+ALIM	FIC-ALIM	FIC+ALIM	VID+ALIM-DEB
EFFECTIF INITIAL	12300	12300	12300	12300	12300
EFFECTIF FINAL	12	12	639	1033	221
N OBSERVATIONS	2	2	2	2	1
AGE FINAL (j)	14	14	14	14	14
SURVIE (%)	0,1	0,1	5,2	8,4	1,8
POIDS FINAL (mg)	78	57	58	67	17
C.V. POIDS (%)					

-ALIM : SANS ALIMENT COMPOSE
+ALIM : TROUVIT A PARTIR DE J8

BILAN DE L'ELEVAGE

DONNEES DE BASE DE L'EXPERIENCE DU : 11.90 DATE ECLOSION : 22/11/90

TABLEAU RECAPITULATIF

TRAITEMENT	1	2	3	4	5	6
TYPE DE CAGE	VID-ALIM	VID+ALIM	FIC-ALIM	FIC+ALIM	VID-DEB	FIC-DEB
EFFECTIF INITIAL	8600	8600	8600	8600	8600	8500
EFFECTIF FINAL	69	95	138	86	95	77
N OBSERVATIONS	2	2	2	2	1	1
AGE FINAL (j)	14	14	14	14	14	14
SURVIE (%)	0,8	1,1	1,6	1	1,1	0,9
POIDS FINAL (mg)	234	209	148	223	132	101
C.V. POIDS (%)	76,9	80,9	71,6	56,5	84,8	84,6

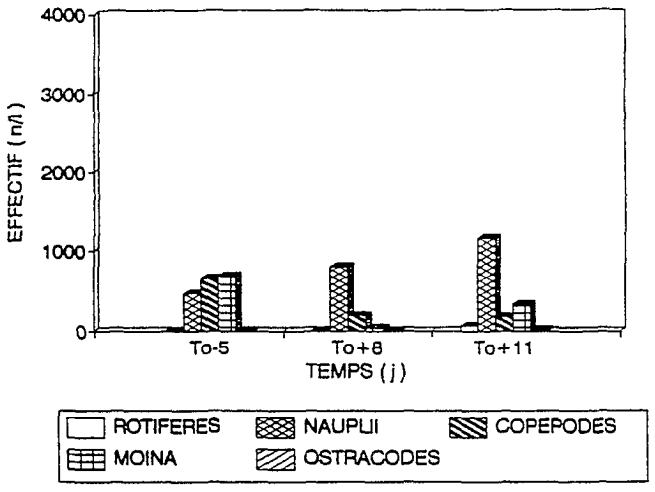
-ALIM : SANS ALIMENT COMPOSE
+ALIM : TROUVIT A PARTIR DE J8

- ANNEXE 2 -

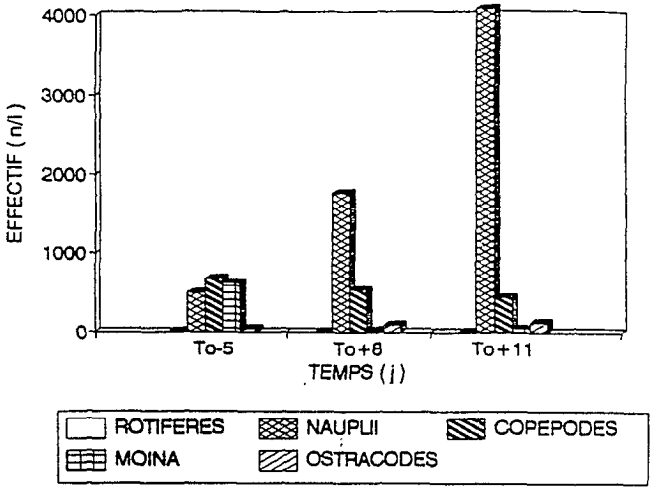
PRESENTATION DE L'EVOLUTION DU PEUPLEMENT ZOOPLANCTONIQUE DANS LES ETANGS ET DANS LES CAGES

To = jour du transfert des larves vers les cages

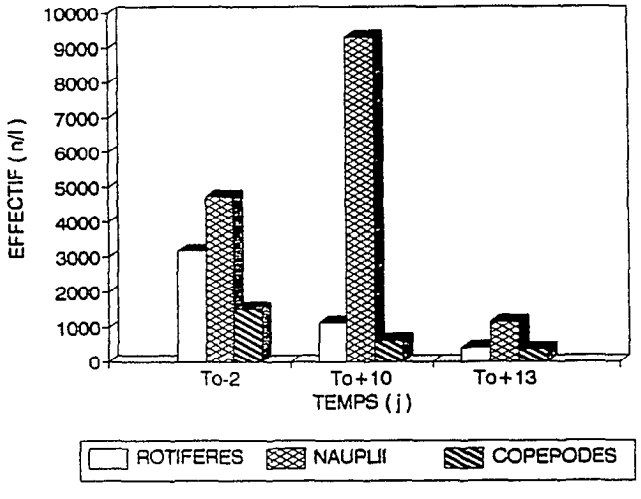
ETANG 3 (10/85)



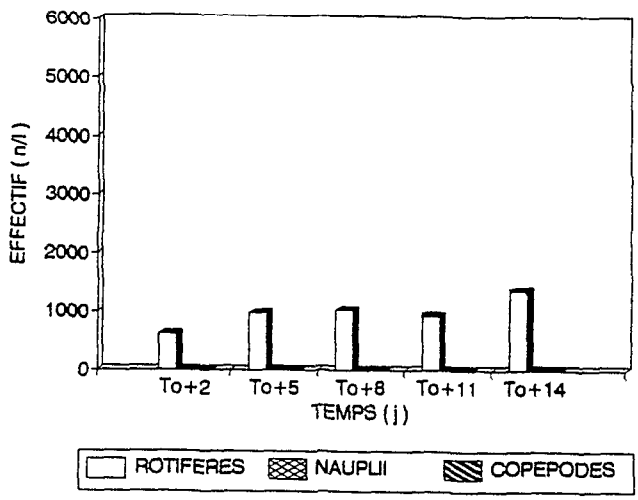
CAGE VIDE AVEC POMPAGE (10/85)



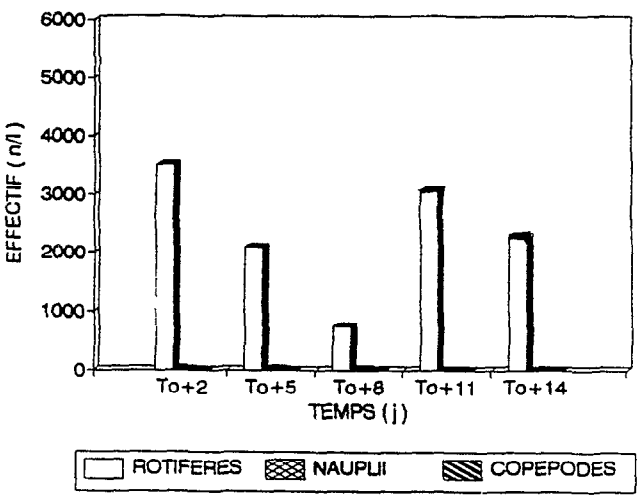
CAGE VIDE AVEC POMPAGE (02/87)



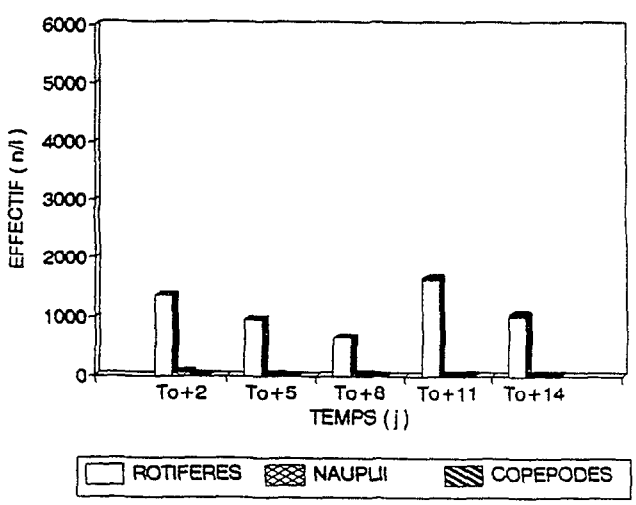
ETANG 3 (07/88)



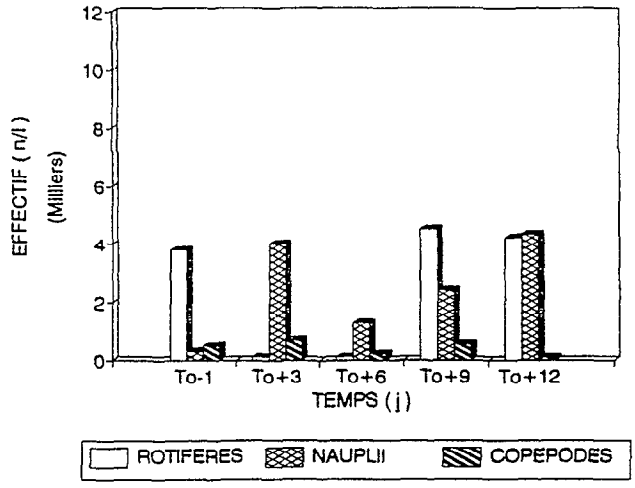
CAGE VIDE AVEC POMPAGE (07/88)



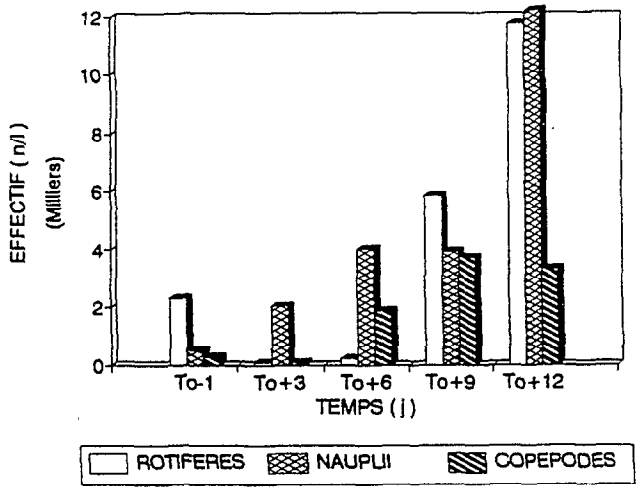
CAGE FICELLE AVEC POMPAGE (07/88)



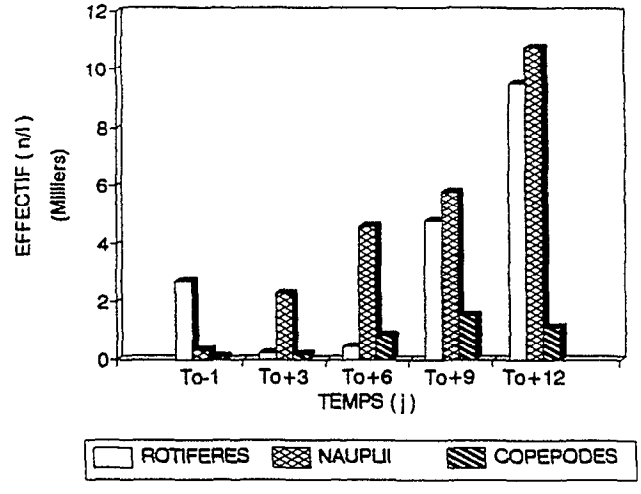
ETANG 3 (11/88)



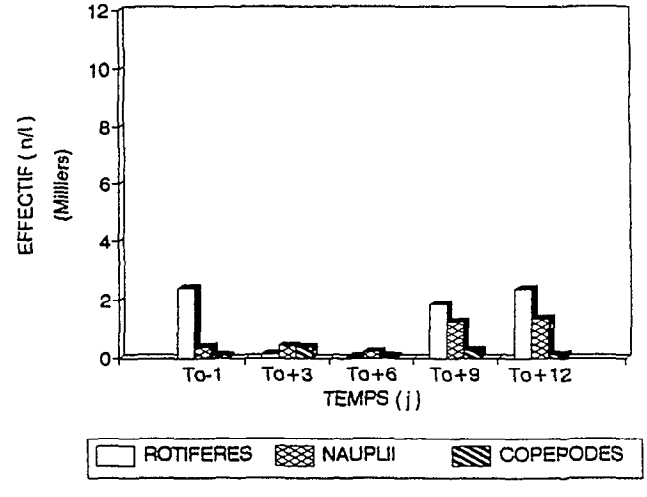
CAGE VIDE AVEC POMPAGE (11/88)



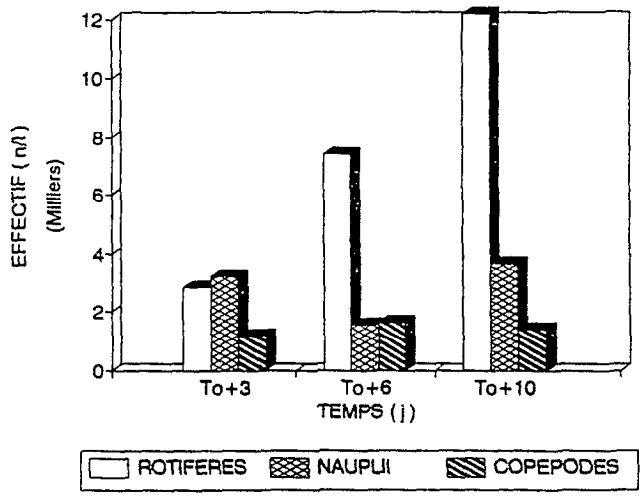
CAGE FICELLE AVEC POMPAGE (11/88)



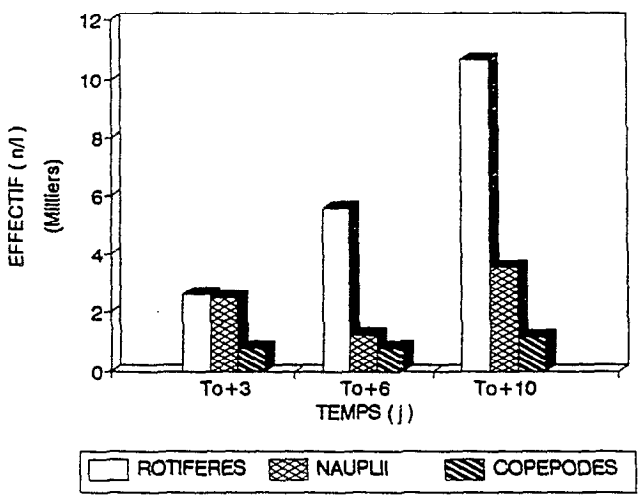
CAGE FICELLE SANS POMPAGE (11/88)



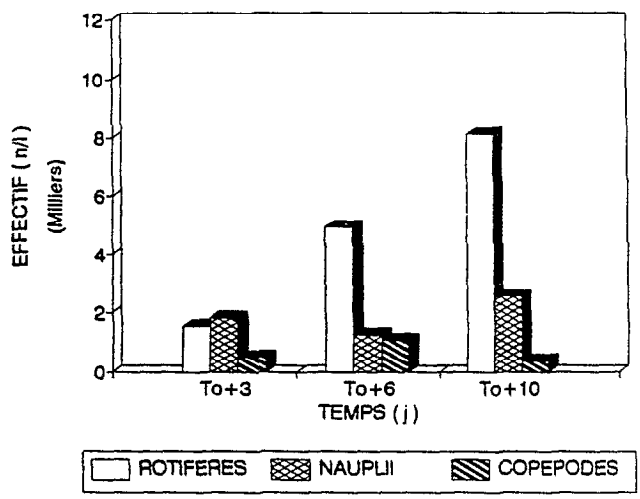
ETANG 4 (01/89)



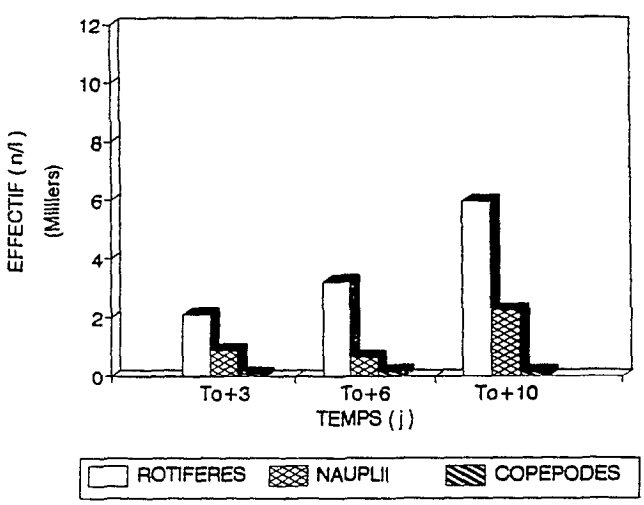
CAGE VIDE AVEC POMPAGE (01/89)



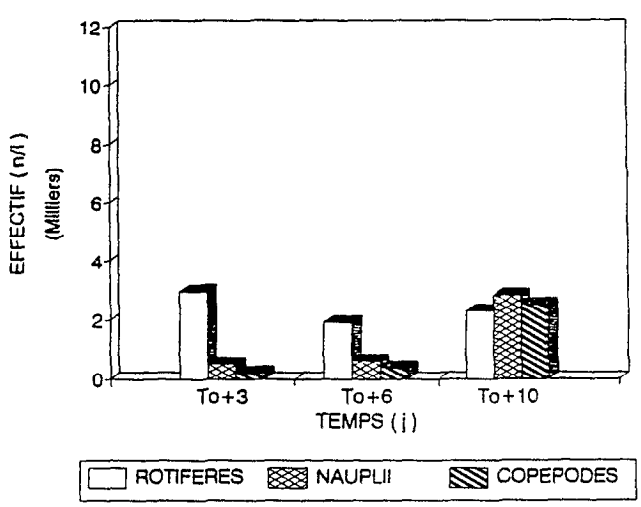
CAGE FICELLE AVEC POMPAGE (01/89)



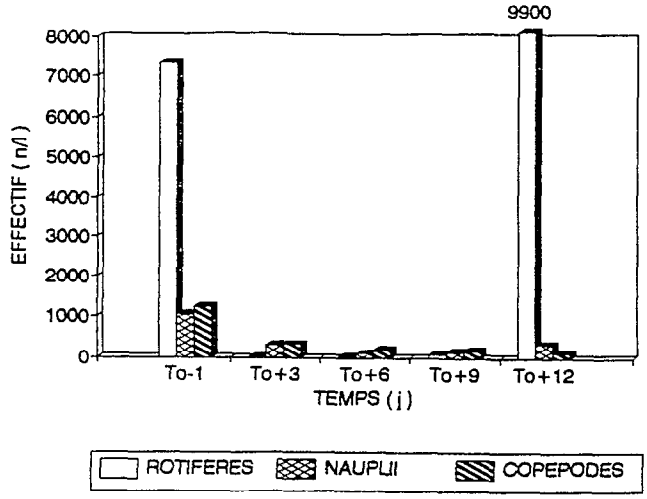
CAGE VIDE SANS POMPAGE (01/89)



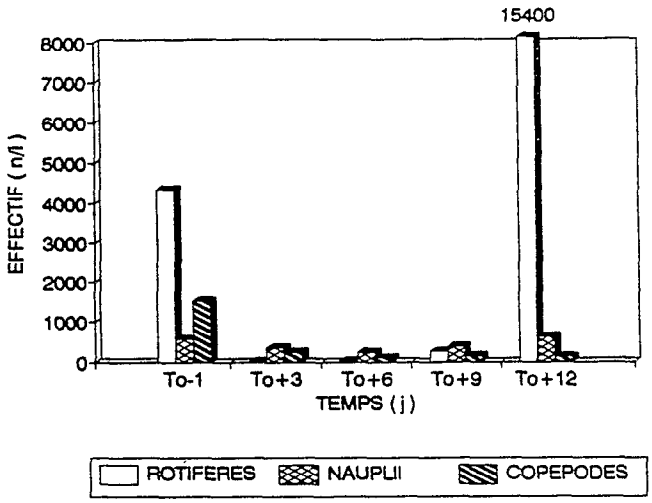
CAGE FICELLE SANS POMPAGE (01/89)



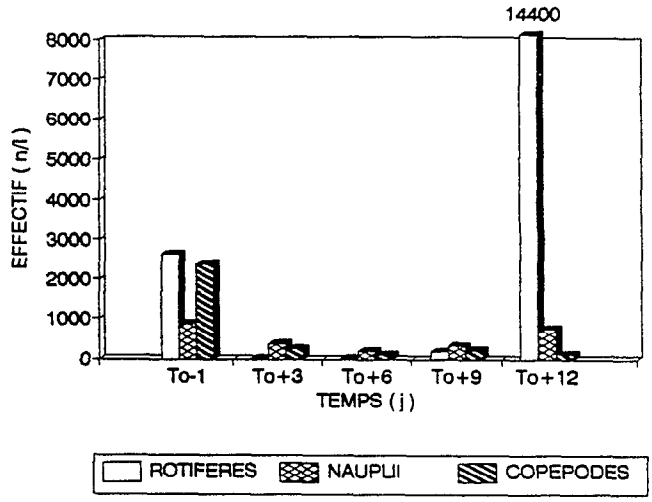
ETANG 4 (03.89)



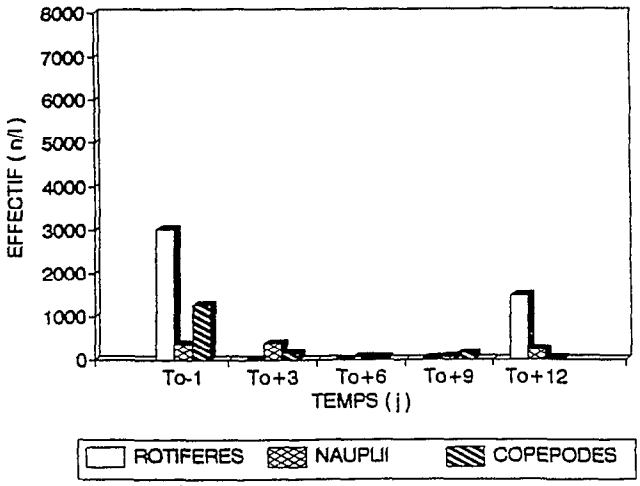
CAGE VIDE AVEC POMPAGE (03.89)



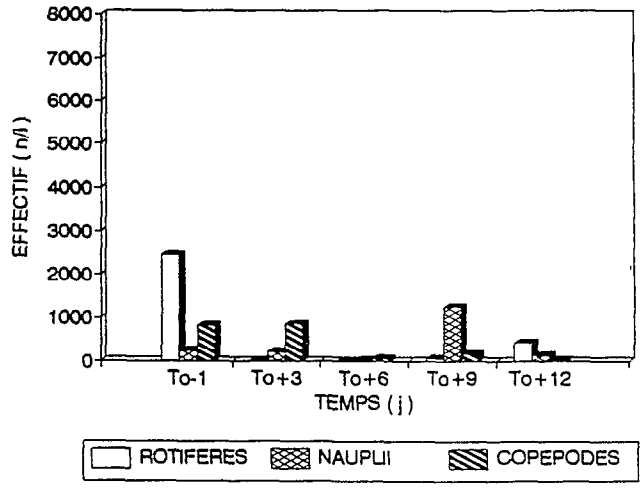
CAGE FICELLE AVEC POMPAGE (03.89)



CAGE VIDE SANS POMPAGE (03.89)



CAGE FICELLE SANS POMPAGE (03.89)



- ANNEXE 3 -

RECAPITULATIF DES ESSAIS D'ALEVINAGE DE *HETEROBRANCHUS LONGIFILIS* EN CIRCUIT FERME D'EAU DOUCE

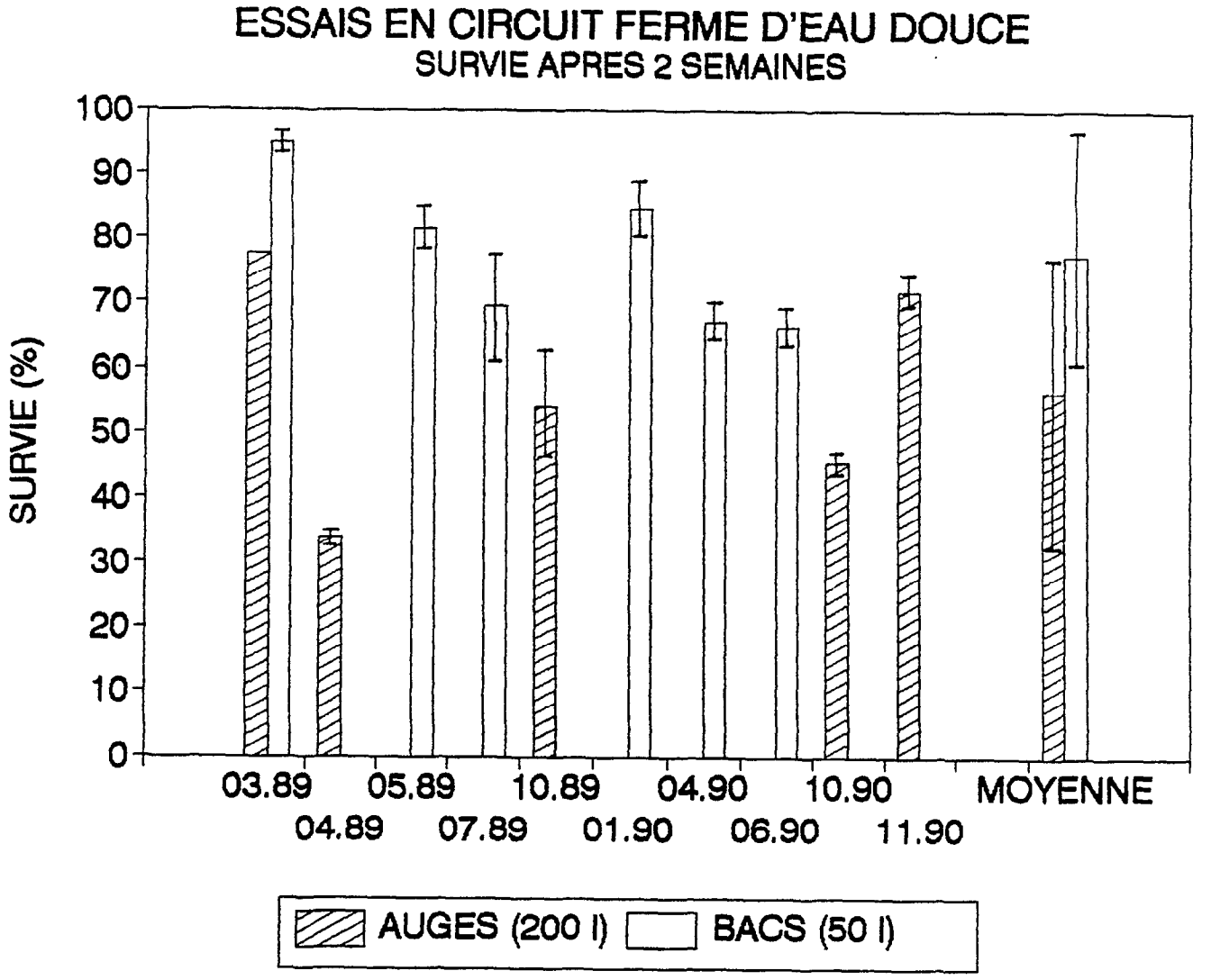

ESSAIS EN CIRCUIT FERME D'EAU DOUCE
SURVIE APRES 2 SEMAINES
SURVIE (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
03.89
04.89
05.89
07.89
10.89
01.90
04.90
06.90
10.90
11.90
MOYENNE
AUGES (200 l)
BACS (50 l)

TABLEAU RECAPITULATIF DES ESSAIS D'ALEVINAGE DE H. LONGIFILIS EN EAU DOUCE
AVEC ARTEMIA SALINA COMME PREMIER ALIMENT

DATE	VOLUME EN EAU (l)	NBRE BACS TESTEES	N ALEVINS PAR BAC	ALIMENTS UTILISES
03.89	200	1	10400	ARTEMIA CONGELEES + TROUVIT
03.89	50	2	1000	ARTEMIA CONGELEES + TROUVIT
04.89	200	2	11500	(a) ARTEMIA CONGELEES + TROUVIT
05.89	50	2	800	ARTEMIA CONGELEES + TROUVIT
07.89	50	2	300	ARTEMIA VIVANTES
07.89	50	2	300	ARTEMIA CONGELEES
10.89	200	2	11750	ARTEMIA CONGELEES + TROUVIT
01.90	50	2	400	ARTEMIA VIVANTES
04.90	50	2	400	ARTEMIA VIVANTES
06.90	50	2	400	ARTEMIA VIVANTES
10.90	200	2	12300	(b) ARTEMIA CONGELEES + TROUVIT
11.90	200	2	8600	ARTEMIA CONGELEES + TROUVIT

DATE	VOLUME EN EAU (l)	DENSITE (n/l)	AGE FINAL (j)	P MOYEN FINAL (mg)	P MOYEN EXTREMES	SURVIE MOY. FINALE (%)	SURVIE MOY EXTREMES	N ALEVINS PRODUITS
03.89	200	52	14	89	/	77,5	/	8063
03.89	50	20	14	147	141-153	94,9	93,3-96,4	1898
04.89	200	58	21	265	265-266	34,0	32,6-35,3	7641
05.89	50	16	15	77	74-77	81,6	78,2-85,0	1306
07.89	50	6	14	236	225-247	65,4	61,0-69,7	392
07.89	50	6	14	143	139-146	73,3	68,3-78,3	440
10.89	200	59	14	168	154-181	54,0	45,9-61,9	12782
01.90	50	8	17	289	278-301	84,6	80,8-88,3	677
04.90	50	8	17	360	357-363	67,2	65,8-68,5	538
06.90	50	8	14	159	143-174	66,3	63,5-69,0	530
10.90	200	62	14	67	62-71	45,3	43,8-46,8	11127
11.90	200	43	14	55	48-62	71,8	70,2-73,4	12349

(a) : mortalité massive dans les premiers jours en raison de l'utilisation d'Artemia mal conservées (pb de congélation)
(b) : quantité d'Artemia distribuée nettement insuffisante

- ANNEXE 4 -

CORRESPONDANCE ENTRE SURVIE MOYENNE FINALE, DENSITE D'EMPOISSONNEMENT ET CARACTERISTIQUES PHYSICO-CHIMIQUES DES ETANGS PENDANT LA PERIODE CRITIQUE DES 8 JOURS SUIVANT L'EMPOISSONNEMENT.

Pour la température et l'oxygène, les éléments suivants ont été considérés :

- minimum et maximum enregistrés
- moyennes en surface et au fond, le matin (7h00) et le soir (16h30)
- amplitude journalière maximale entre la surface et le fond
- amplitude journalière maximale en surface et au fond.

DATE	SURVIE FINALE (%)	POIDS MOYEN A J6 (mg)	N ALEVINS PAR LITRE	HAUTEUR D'EAU (cm)	N JOURS DEPUIS CHAULAGE	SALINITE MAXI	SALINITE MOYENNE
10.85	50,0	25	4	65	31	3,0	3,0
02.87	21,2	18	25	60	178		
03.87	17,4	5	36	60	208		
07.88	14,7	9	4	75	147	4,0	4,0
11.88	33,7	49	4	70	20	3,0	3,0
01.89	16,1	25	10	55	25	4,0	4,0
03.89	27,1	13	15	80	23	4,0	3,3
05.89	3,5	10	20	60	44		
07.89	3,4	20	13	88	83	3,0	2,3
01.90	2,0		20	59	24	3,0	3,0
02.90	0,6	20	15	60	31	4,0	3,8
04.90	0,9	30	16	62	19	3,0	3,0
06.90	0,3	10	16	64	74	4,0	3,1
10.90	3,3	11	14	87	11	4,0	4,0
11.90	1,1	15	17	66	22	4,0	4,0

DATE	TEMP MINI	TEMP MAXI	TEMP MOY SURFACE MATIN	TEMP MOY SURFACE SOIR	TEMP MOY FOND MATIN	TEMP MOY FOND SOIR	AMPLITUDE MAXI TEMP SURF/FOND	AMPLITUDE MAXI TEMP SURFACE	AMPLITUDE MAXI TEMP FOND
10.85	29,0	33,3							
02.87									
03.87	28,0	35,0							
07.88	25,0	32,0	26,4	30,2	26,8	29,5	2,0	5,5	3,0
11.88	27,0	31,5	27,3	30,8	27,4	29,4	3,0	3,0	2,5
01.89	26,5	31,5	26,5	30,8	26,5	29,1	2,5	5,0	2,5
03.89	26,5	34,5	27,4	32,4	27,4	29,6	5,0	8,0	4,0
05.89	27,0	34,0	27,8	32,9	27,8	30,1	4,5	6,5	4,0
07.89	26,0	28,5	26,3	28,2	26,3	27,6	1,5	2,5	2,5
01.90	24,0	31,9	25,8	29,1	25,8	27,9	3,9	4,9	2,2
02.90	27,5	33,0	27,8	32,3	27,8	32,0	1,0	5,0	5,0
04.90	28,3	34,0	29,3	32,3	28,8	30,1	3,5	5,0	2,0
06.90	25,5	31,5	26,2	29,3	26,2	28,7	1,5	5,5	3,5
10.90									
11.90	27,0	32,0							

DATE	O2 MINI	O2 MAXI	O2 MOY SURFACE MATIN	O2 MOY SURFACE SOIR	O2 MOY FOND MATIN	O2 MOY FOND SOIR	AMPLITUDE MAXI O2 SURF/FOND	AMPLITUDE MAXI O2 SURFACE	AMPLITUDE MAXI O2 FOND
10.85									
02.87									
03.87	2,4	15,0							
07.88	2,8	10,0	3,9	8,8	3,4	8,0	2,9	6,8	5,1
11.88	0,4	11,4	1,0	6,8	0,8	4,3	9,4	9,0	1,8
01.89	1,1	15,0	5,2	15,0	3,8	5,1	11,6	10,0	4,2
03.89	0,8	15,0	3,4	14,2	2,3	6,0	11,4	12,4	6,2
05.89	0,8	15,0	3,3	14,0	2,5	5,8	13,6	13,2	7,7
07.89	2,0	15,0	4,8	13,7	3,5	7,9	13,0	10,2	7,4
01.90	1,8	15,0	2,9	14,5	2,9	6,6	11,4	13,2	6,4
02.90	1,6	12,5	3,3	9,3	2,6	9,1	1,2	9,1	9,2
04.90	2,0	15,0	5,8	14,3	4,4	10,5	4,2	8,5	7,4
06.90	3,5	9,6	7,0	7,4	5,9	6,6	0,9	4,1	5,0
10.90									
11.90	1,0	12,0							

BP 3
34981 St GELY du FESC Cedex
Tél. 67 84 86 20

RÉSUMÉ

Après une description des étapes de présélection et de sélection des espèces d'intérêt potentiel pour la pisciculture dans les eaux saumâtres africaines, les potentialités aquacoles de trois espèces sélectionnées à partir de l'ichtyofaune de la lagune Ebrié (Côte-d'Ivoire), deux tilapias *(Sarotherodon melanotheron, Tilapia guineensis)* et un silure *(Heterobranchus longifilis)*, sont analysées et comparées

L'étude de la reproduction - biologie, stratégie et contrôle - a été privilégiée. La dynamique des ovaires, la taille ou l'âge de première maturation sexuelle, les cycles saisonniers et la fécondité sont décrits pour les trois espèces en milieu d'élevage. Pour les tilapias, une comparaison des principaux traits de la sexualité des femelles d'élevage et du milieu naturel est effectuée. Les contraintes associées au contrôle de la reproduction pour l'obtention massive d'alevins en captivité varient selon les espèces : pour les tilapias, il s'agit de gérer une reproduction qui s'effectue spontanément en captivité, alors que pour le silure des techniques d'induction hormonale de l'ovulation, de fécondation artificielle et d'élevage larvaire ont été établies.

L'état actuel des filières d'élevage, telles qu'elles ont été développées et ajustées en fonction des particularités biologiques propres à chaque espèce est présenté. Pour *S. melanotheron,* un élevage extensif en "acadja-enclos" apparaît prometteur alors que pour *H. longifilis, un* élevage intensif, basé sur l'utilisation d'aliments composés, apparaît le plus favorable.

MOTS CLÉS

Aquaculture, Cichlidae, Clariidae, reproduction, alimentation, croissance, eaux saumâtres. environnement tropical.

ABSTRACT

After a description of the preselection and selection stages of species of potential interest for fish culture in the African brackish waters, the potential for aquaculture of three species selected within the Ebrié lagoon ichtyofauna (Côte-d'Ivoire), two tilapias (Sarotherodon melanotheron, Tilapia guineensis) *and one catfish* (Heterobranchus longifilis), *are analysed and compared.*

The study of different aspects of reproduction - biology, strategy and control - has been privileged. The development of ovary, size or age at first sexual maturity, seasonal cycle and fecundity are described for the three species under culture conditions. For both tilapias, a comparison is made between the main reproductive characteristics of wild and cultured females. The constraints associated with reproduction control for mass production of fry in captivity vary with the species: for the tilapias, the aim is to manage a reproduction which occurs spontaneously in captivity, for the catfish, techniques of induced breeding and larval rearing have been established.

The present state of the rearing cycles, as developped and adjusted according to the biological particularities of each species is presented. For S. melanotheron, *extensive culture in "acadja-enclos' seems promising, while for* H. longifilis, *an intensive culture system, based on the use of artificial feeds, appears the most appropriate.*

KEYWORDS

Aquaculture, Cichlidae, Clariidae, reproduction, feeding, growth, brackish water, tropical environnement.

ISBN : 2-7099-1104-3
Éditions de l'ORSTOM
72, route d'Aulnay
93143 BONDY Cedex