

Nouvelles espèces de poissons-chats pour le développement de la pisciculture africaine

Ziriga Josué Otémé ⁽¹⁾, Saurin Hem ⁽²⁾ et Marc Legendre ⁽²⁾ *

⁽¹⁾ Centre de Recherches Océanologiques, B.P. V 18, Abidjan, Côte d'Ivoire.

⁽²⁾ ORSTOM/GAMET, B.P. 5095, 34033 Montpellier Cedex 1, France.

* Adresse actuelle : ORSTOM, Instalasi Penelitian Perikanan Air Tawar, Jalan Ragunan, Pasar Minggu, P.O. Box 7220/Jkspm, Jakarta 12540, Indonesia.

E-mail : legendre@idola.net.id

Accepté le 17 octobre 1996.

Otémé Z.J., S. Hem, M. Legendre. In: The biology and culture of catfishes. M. Legendre, J.-P. Proteau eds. *Aquat. Living Resour.*, 1996, Vol. 9, Hors série, 207-217.

New catfish species for the development of fish culture in Africa.

Abstract

Besides *Clarias gariepinus* introduced in aquaculture in the early 1970s, other African catfishes (Siluroidei) have been studied for their potential in aquaculture for about 15 years. These belong to the genus *Chrysichthys* (Claroteidae) and *Heterobranchus* (Clariidae) investigated in Ivory Coast, Nigeria and Benin, and mainly in the context of a brackish water aquaculture in lagoon or estuaries. It is in the Ivory Coast in the early eighties that reproduction in captivity of *Chrysichthys nigrodigitatus*, and then of *Heterobranchus longifilis*, was obtained for the first time as a result of research carried out within the Ivorian Oceanologic Research Center (CRO) in Abidjan. Nowadays, the breeding cycles of both species has been achieved and extension towards the production sector has been initiated. Production of *C. nigrodigitatus* is mainly monospecific, intensive or semi-intensive, in lagoon enclosures (Ivory Coast) or in brackish-water ponds (Nigeria). In Ivory Coast, its culture became significant since 1990 with an annual production of 200-300 tons. The biology of *H. longifilis* is similar to that of *C. gariepinus*, but the former presents the advantage of a faster growth. The commercial production of this species is now beginning in Ivory Coast. Intensive rearing of *H. longifilis* in lagoon enclosures appears as an appropriate option, but promising results have also been obtained in freshwater ponds. Based on the Ivorian experience, *H. longifilis* aquaculture development projects are currently carried out in Niger and Cameroon. The recent literature reports also culture trials with *H. bidorsalis* in Nigeria. Intergeneric hybrids between *H. longifilis* or *H. bidorsalis* and *C. gariepinus* have been produced in South Africa, Ivory Coast and Nigeria. However, the real advantage of using the hybrids instead of the parental species for aquaculture remains to be demonstrated. The results obtained so far show that the culture of *C. nigrodigitatus* and *H. longifilis* constitutes now a possibility of diversification, and even an alternative to the use of *C. gariepinus*, for African aquaculture. A synthesis of existing data on the biology and culture of these species is presented.

Keywords: Siluroidei, Africa, *Chrysichthys*, *Heterobranchus*, aquaculture.

Résumé

Outre *Clarias gariepinus* introduit en pisciculture au début des années 1970, d'autres poissons-chats (Siluroidei) africains ont vu leurs potentialités aquacoles faire l'objet d'une évaluation approfondie depuis une quinzaine d'années. Il s'agit des espèces appartenant aux genres *Chrysichthys* (Claroteidae) et *Heterobranchus* (Clariidae) étudiées principalement en Côte d'Ivoire, au Nigeria et au Bénin, et pour l'essentiel dans le cadre d'une aquaculture en milieu lagunaire ou estuarien. C'est en Côte d'Ivoire, au

début des années 1980, que la reproduction de *Chrysichthys nigrodigitatus*, puis celle de *Heterobranchus longifilis*, a été obtenue pour la première fois en captivité suite aux travaux conduits par le Centre de Recherches Océanographiques d'Abidjan. Depuis, les cycles d'élevage de ces deux espèces ont été maîtrisés et un premier transfert vers le développement effectué. La pisciculture de *C. nigrodigitatus* est principalement monospécifique, de type intensive ou semi-intensive, en enclos lagunaires (Côte d'Ivoire) ou en étangs saumâtres (Nigeria). En Côte d'Ivoire (lagune Fibré), le développement de son élevage se concrétise depuis 1991 par une production annuelle de l'ordre de 200 à 300 tonnes. *H. longifilis* présente une biologie très similaire à celle de *C. gariepinus*, mais avec l'avantage d'une croissance plus rapide. La production commerciale de cette espèce s'amorce actuellement en Côte d'Ivoire. L'élevage de type intensif en enclos lagunaires semble constituer l'une des voies appropriées pour le développement de l'élevage de ce poisson ; mais sa pisciculture en étangs d'eau douce connaît également des résultats encourageants. A partir de l'expérience ivoirienne, des projets de développement de l'aquaculture de *H. longifilis* sont en cours de réalisation au Niger et au Cameroun. La littérature récente fait également état d'élevages expérimentaux de *H. bidorsalis* au Nigeria. Des hybrides entre *H. longifilis* ou *H. bidorsalis* et *C. gariepinus* ont été produits en Afrique du Sud, en Côte d'Ivoire et au Nigeria. Toutefois, l'intérêt réel de l'utilisation de ces hybrides en aquaculture en comparaison des espèces parentales reste à démontrer. Les résultats obtenus en Côte d'Ivoire indiquent que *C. nigrodigitatus* et *H. longifilis* constituent désormais une possibilité de diversification de la production, voire une alternative à l'utilisation de *C. gariepinus*, pour la pisciculture africaine. Une synthèse des données existantes sur la biologie et l'élevage de ces espèces est présentée.

Mots-clés : Siluroidei, Afrique, *Chrysichthys*, *Heterobranchus*, aquaculture.

INTRODUCTION

Dans de nombreux pays africains, les produits aquatiques et en particulier les poissons représentent la principale source de protéines animales dans l'alimentation humaine. Malgré une croissance sensible au cours des quinze dernières années, la pisciculture ne contribue encore que très peu à couvrir les besoins. Selon les statistiques de la FAO (1993), la production de Siluroidei en Afrique subsaharienne se situait pour l'année 1991 aux alentours de 6 900 tonnes, au second rang derrière celle des Cichlidae. Cette production est essentiellement le fait de quatre pays : le Nigeria, l'Afrique du Sud, la Côte d'Ivoire et le Ghana. Dans les autres pays, même s'il reste très difficile, en l'absence d'enquêtes approfondies, d'évaluer les quantités réellement produites, le développement de l'élevage des poissons-chats apparaît encore embryonnaire. L'un des principaux facteurs limitants est celui de l'approvisionnement en alevins et juvéniles. Les rares éclosions de Siluroidei existantes au sud du Sahara « subventionnent » leurs alevins et ne survivent généralement que très mal aux projets qui leur ont donné naissance. L'offre reste alors très inférieure à la demande et les pisciculteurs ont recours soit à l'auto-alevinage soit à la capture des alevins directement en milieu naturel. Dans ce dernier cas, on est rapidement confronté aux aléas liés aux variations saisonnières et interannuelles des captures, à l'hétérogénéité des tailles, au stockage et au transport après capture (Lazard et al., 1991).

Outre *Clarias gariepinus* élevé depuis 1970 et de loin la principale espèce de poissons-chats actuellement produite sur le continent (Hecht et al., 1996, revue), d'autres Siluroidei sont apparus

comme de bons candidats pour la pisciculture africaine. Récemment des études ont été entreprises pour l'évaluation du potentiel aquacole de *Clarias isheriensis* (Fagbenro, 1990, 1992a) et de *Bathyclarias loweae* (Msiska et al., 1991). Cependant, les espèces appartenant aux genres *Chrysichthys* et *Heterobranchus* ont fait l'objet des investigations les plus approfondies. Le démarrage récent de leur élevage a été rendu possible principalement par les recherches conduites en Côte d'Ivoire par le Centre de Recherches Océanologiques d'Abidjan (CRO) et l'Institut français de recherche scientifique pour le développement en coopération (ORSTOM), recherches ayant abouti à la maîtrise de leur cycle biologique en captivité (Hem et al., 1994). Sur la base de ces travaux, la production piscicole de ces espèces s'amorce aujourd'hui progressivement en Afrique et plus particulièrement en Afrique de l'Ouest.

Après une brève présentation de l'historique et de l'état actuel de la pisciculture des *Chrysichthys* et *Heterobranchus*, cette synthèse présente les données disponibles sur leur biologie et sur les méthodes et contraintes tant dans le domaine de leur reproduction en captivité que dans celui de leurs systèmes de production.

HISTORIQUE ET ÉTAT ACTUEL DE LA PISCICULTURE DES *CHRYSICHTHYS* ET *HETEROBRANCHUS* EN AFRIQUE

C'est avec la volonté de développer la pisciculture comme nouvelle forme de valorisation du vaste système lagunaire, dont la Côte d'Ivoire dispose, que les procédés d'élevage des *Chrysichthys* et *Heterobranchus* ont été développés. L'aquaculture

lagunaire en Afrique subsaharienne est une activité récente, voire encore inexistante, dans la plupart des pays de la région (Dada, 1976 ; Ardill, 1982 ; Jackson, 1988). Dans ce contexte neuf, le problème du choix des espèces les plus appropriées se pose avec une acuité particulière. A partir des données relatives à l'ichtyofaune de la lagune Ebrié (Albaret, 1994), des espèces autochtones présentant un intérêt potentiel pour l'aquaculture ont été identifiées (Legendre et Albaret, 1984 ; Dia *et al.*, 1986). Sur la base des données biologiques et en tenant compte des débouchés commerciaux, le Clariéid *Chrysichthys nigrodigitatus* et le Clariid *Heterobranchus longifilis* ont été sélectionnés pour faire l'objet d'études plus approfondies en vue de la maîtrise et l'optimisation de leur filière d'élevage (Legendre 1992a ; Hem *et al.*, 1994).

Les premières études sur les Siluroidei du genre *Chrysichthys* ont démarré en Côte d'Ivoire avec *C. maurus* (ex. *C. walkeri* ; Rich, 1981) car il était relativement aisé de se procurer des œufs et alevins de cette espèce en milieu naturel. Ce poisson atteint environ 12 cm en un an (Amon Kothias et Dia, 1977) et passe de 11 à 200 g en 12 mois lorsqu'il est élevé en étang à une densité de 3 poissons par mètre carré avec un aliment composé à 33 % de protéines brutes (Dia, 1982). Son élevage a été abandonné par la suite en raison de cette croissance médiocre (Dia *et al.*, 1986), mais il a permis de mettre au point les techniques de reproduction, d'alevinage et de grossissement qui ont ensuite été appliquées à *Chrysichthys nigrodigitatus* dont les caractéristiques zootechniques sont beaucoup plus favorables (Hem *et al.*, 1994). A l'heure actuelle, *C. nigrodigitatus* reste donc la seule espèce véritablement reconnue comme présentant un intérêt certain pour l'aquaculture. *Chrysichthys maurus* demeure néanmoins un modèle biologique pertinent, précisément en raison de sa petite taille qui le rend aisé à maintenir jusqu'à maturité sexuelle dans des systèmes expérimentaux de petits volumes. Les premières pontes de *C. nigrodigitatus*, obtenues au CRO d'Abidjan en 1980 à partir de géniteurs sauvages capturés en lagune, ont constitué une étape décisive pour le démarrage de l'élevage de ce poisson très apprécié des consommateurs en Côte d'Ivoire et en Afrique de l'Ouest en général (Hem, 1986). Depuis les années 1990, sa production annuelle en lagune Ebrié atteint 200-300 tonnes sur une ferme privée (Société Ivoirienne d'Aquaculture lagunaire) et 30-50 tonnes chez des producteurs indépendants (Hem *et al.*, 1995). Sur la base de l'exemple ivoirien, l'élevage de *C. nigrodigitatus* se développe actuellement au Nigeria et au Bénin.

Les premières observations sur les potentialités aquacoles de *H. longifilis* ont été conduites en élevage mixte avec des tilapias en étang d'eau douce en République Centrafricaine (Micha, 1973). Ces tentatives ont montré que la croissance de cette espèce est très rapide mais, faute d'alevins, des essais d'élevage en monoculture n'ont pu être réalisés. Par la

suite, l'effort de recherche sur les clariidés en Afrique a porté quasi exclusivement sur *Clarias gariepinus*, les travaux sur *Heterobranchus* étant alors arrêtés durant plus de 10 ans. En Côte d'Ivoire, les premiers essais d'élevage de *H. longifilis* ont aussi été menés en association avec des tilapias en enclos implantés en lagune (Legendre, 1983). Les résultats de ces essais ont précisé le remarquable potentiel de croissance de ce poisson et démontré ses capacités d'adaptation en milieu oligo-mésosalin. L'obtention des premières reproductions en captivité en 1984 (Legendre, 1986) ont permis des essais d'élevage de *H. longifilis* en monoculture et l'évaluation de ses performances zootechniques en aquaculture lagunaire (Legendre, 1992b). Depuis une dizaine d'années, *H. longifilis* fait l'objet d'études approfondies visant en particulier à l'optimisation des techniques de reproduction induite et d'élevage larvaire. Ce clariid présente un potentiel considérable pour la pisciculture du fait de sa forte croissance, de sa robustesse et de sa grande capacité à résister aux conditions hypoxiques grâce à son organe suprabranchial de respiration aérienne. Apprécié par les populations (Legendre, 1989 ; Nwudukwe, 1995), il suscite un grand intérêt auprès des autorités de développement du fait de ses performances en élevage intensif (Legendre, 1992a, b ; Hem *et al.*, 1994 ; Lazard et Legendre, 1994). D'une manière générale, la pisciculture des *Heterobranchus* est encore au stade expérimental ou de validation en vraie grandeur. En Côte d'Ivoire, outre l'amorce de sa production en milieu lagunaire, *H. longifilis* a également montré des performances très prometteuses en étangs d'eau douce. *Heterobranchus isopterus* fait par ailleurs l'objet d'une utilisation comme espèce d'accompagnement dans les étangs avec les tilapias (Lazard et Oswald, 1995). Au Nigeria, on assiste à un début d'élevage portant sur *H. longifilis* et *H. bidorsalis* (Anyanwu *et al.*, 1989 ; Van den Bossche et Bernacsek, 1990 ; Anadu et Eze, 1992 ; Fagbenro *et al.*, 1993 ; Nwudukwe *et al.*, 1993). Au Niger et au Cameroun, des projets de développement ont été initiés pour l'élevage de *H. longifilis* et *H. bidorsalis* (Teugels, comm. pers., Mikolasek, comm. pers.).

Des comparaisons de croissance entre *H. longifilis* et *C. gariepinus* ont montré un important avantage à la première espèce (Hecht *et al.* 1991 ; Legendre *et al.*, 1992). Après 254 jours de suivi à partir de l'éclosion, ces derniers auteurs ont obtenus des poids moyens de 694 g pour *H. longifilis* contre 369 g seulement pour *C. gariepinus*. Ces résultats sont importants car ils montrent que, en termes de croissance, *H. longifilis* est plus intéressant que *C. gariepinus* pour la pisciculture. De nombreux arguments, morphologie, caryologie, polymorphisme enzymatique, ontogenie, fécondité et taille des œufs, montrent par ailleurs la proximité de ces deux espèces et la similitude des grands traits de leur biologie (Teugels *et al.*, 1990 ; 1992a, b ; Legendre et Teugels, 1991 ; Legendre *et al.*, 1992).

L'évaluation de l'hybridation entre *Heterobranchus longifilis* et *Clarias gariepinus* a été effectuée en

Afrique du Sud (Hecht et Lublinkhof, 1985 ; Hecht *et al.*, 1991), en Côte d'Ivoire (Legendre *et al.*, 1992 ; Teugels *et al.*, 1992a, b) et au Nigeria (Nwadukwe, 1995) où des hybrides entre *H. bidorsalis* et *C. gariepinus* ont également été produits (Salami *et al.*, 1993). Hecht *et al.* (1991) rapportent une croissance plus rapide de *H. longifilis* en comparaison des deux croisements réciproques. A l'exception d'une situation expérimentale particulière, Legendre *et al.* (1992) ne trouvent pas de différences significatives de croissance entre *H. longifilis* et les hybrides. En revanche, Nwadukwe (1995) indique que les hybrides présentent une croissance supérieure à celle des deux espèces parentales. A l'heure actuelle, l'intérêt d'une utilisation piscicole de ces hybrides par rapport à celle du plus performant des deux parents (*H. longifilis*) n'est donc pas démontré.

BIOLOGIE EN MILIEU NATUREL

Systématique et biogéographie

Initialement considérés comme appartenant à la famille des Bagridae, les *Chrysichthys* sont désormais classés dans la nouvelle famille des Claroteidae, définie par Mo (1991). Le genre *Chrysichthys* a récemment été subdivisé en plusieurs sous-genres, dont *Chrysichthys* et *Melanodactylus* qui comportent chacun cinq espèces (Risch, 1992). Deux d'entre elles ont fait l'objet de pisciculture : *C. maurus* (sous-genre *Chrysichthys*) et *C. nigrodigitatus* (sous-genre *Melanodactylus*). Risch (1992) rapportent des tailles maximales observées de 65 cm pour *C. nigrodigitatus* contre 51 cm LT pour *C. maurus*. En lagune Ebrié (Côte d'Ivoire), les tailles maximales observées pour ces deux espèces sont respectivement de 70 et de 40 cm LF (Legendre et Albaret, 1991).

Parmi les Clariidae, les espèces du genre *Heterobranchus* se distinguent de celles du genre *Clarias* principalement par la présence d'une grande nageoire adipeuse soutenue par des épines neurales prolongées, située entre la nageoire dorsale rayonnée et la base de la caudale. La systématique du genre *Heterobranchus* a été révisée récemment par Teugels *et al.* (1990), qui reconnaissent quatre espèces valides : *H. bidorsalis*, *H. longifilis*, *H. isopterus* et *H. bouleengeri*. Les trois premières ont fait l'objet d'essais en élevage. Parmi celles-ci, *Heterobranchus longifilis* atteint une taille particulièrement élevée. Le plus gros spécimen capturé dans l'Oubangui mesurait 150 cm pour un poids approximatif de 30 kg (Micha, 1973). D'après Daget et Iltis (1965), la taille maximale observée dans le bassin du Niger est de 93 cm pour un poids de 6,4 kg. Au lac Kariba, Franks (1974) signale la capture d'un spécimen de 117 cm. L'espèce pourrait même atteindre jusqu'à 60 kg (Bell-Cross, 1976).

Chrysichthys nigrodigitatus, absent du Chari et du lac Tchad, se rencontre dans tous les bassins hydrographiques de l'Afrique de l'Ouest (Daget, 1962)

jusqu'au bassin du Zaïre. Cette espèce connue dans la plupart des bassins du Sénégal jusqu'à l'Angola (Risch, 1992) est un poisson euryhalin qui colonise les lagunes saumâtres où il est souvent abondant, avec toutefois une préférence pour les eaux oligomésohalines (salinité variant de 0 à 20 g.l⁻¹) (Albaret, 1994 ; Hem *et al.*, 1994). *Heterobranchus longifilis* présente quant à lui, une aire de répartition beaucoup plus vaste et se rencontre dans la quasi-totalité des fleuves et bassins fluviaux de l'Afrique inter-tropicale (Teugels *et al.*, 1990). Il s'agit d'une forme continentale qui ne colonise spontanément les eaux mixohalines que de façon occasionnelle (Daget et Iltis, 1965). Les élevages réalisés en lagune Ebrié ont cependant démontré ses performances de croissance et son adaptabilité en eaux saumâtres jusqu'à une salinité de 10 g.l⁻¹ au moins (Legendre, 1983, 1992b).

Alimentation

Heterobranchus longifilis et *Chrysichthys nigrodigitatus* sont des poissons à régime omnivores. *Heterobranchus longifilis* semble toutefois montrer une préférence marquée pour les vertébrés et les insectes aussi bien terrestres qu'aquatiques (Micha, 1973). L'importance des vertébrés dans l'alimentation de *H. longifilis* en milieu naturel, indique que cette espèce, bien qu'omnivore, présente une nette tendance carnassière. Fagbenro (1992) parvient à des conclusions similaires dans le cas de *H. bidorsalis*.

Legendre *et al.* (1991) et Legendre (1992b) ont montré, qu'en conditions semi-naturelles en étang, les larves et alevins de *H. longifilis* se nourrissent de façon continue de jour et de nuit, sans qu'un rythme quelconque dans les quantités ingérées ne soit mis en évidence. Le régime alimentaire est zooplanctophage jusqu'à l'âge de 5-6 jours ; les cladocères (*Moina micrura* notamment) étant des proies préférentiellement sélectionnées. A partir du 6^e jour, le régime tend à se diversifier progressivement avec l'incorporation d'insectes de tailles croissantes (larves de chironomides, notamment). L'alimentation des poissons âgés de 1 mois est composée de proies diverses (insectes, zooplancton, gastéropodes, graines et débris végétaux) qui traduisent l'évolution du régime vers celui de l'adulte.

Chrysichthys nigrodigitatus est benthophage et se nourrit principalement au stade adulte de détritus organiques et d'invertébrés : larves d'insectes (chironomes, diptères), crustacés planctoniques, mollusques, en particulier la bivalve *Corbula trigona* présent en abondance dans le benthos (Fagade et Olaniyan, 1973 ; Ikusemiju et Olaniyan, 1977). Dans les lagunes du Bénin, alors que les grands individus tendent vers un régime plus spécialisé, composé de crustacés décapodes et de petits poissons, les juvéniles (6-10 cm) sont associés aux macrophytes, copépodes, amphipodes, isopodes et bivalves (Laleye *et al.*, 1995). La croissance de *C. nigrodigitatus* en milieu naturel a été étudiée dans diverses lagunes d'Afrique de l'Ouest

à partir de coupes d'épines (Dia, 1975 ; Ezenwa et Ikusemiju, 1981).

Reproduction

A l'état sauvage, *Chrysichthys nigrodigitatus* se reproduit en général à partir de la taille de 33 cm (3 ans d'âge) avec un comportement de nidification analogue à celui de *C. maurus*. L'espèce recherche des anfractuosités (rochers, bois mort ...) pour se reproduire, les œufs faisant ensuite l'objet d'une garde par les parents (Hem *et al.*, 1994). Une même femelle ne se reproduit qu'une seule fois par an. La fécondité relative, voisine de celle de *C. maurus*, est en moyenne de 15 000 ovocytes par kilogramme de poids de femelle avec des valeurs extrêmes de 6 000 et 24 000 (Otémé, 1993a). La saison de reproduction, d'une durée d'environ 4 mois, débute avec la fin de la grande saison des pluies lorsque la température et la salinité de l'eau sont minimales (Chauvet, 1972 ; Otémé, 1993a ; Nunez *et al.*, 1995). L'observation en zone lagunaire dessalée d'un état de développement des gonades supérieur à celui noté en zone plus saline suggérait une influence négative de la salinité sur la maturation gonadique des femelles. Cette influence négative de la salinité sur la reproduction a été par la suite confirmée par des observations effectuées en milieu contrôlé (Hem *et al.*, 1987). Le processus de maturation se déroule normalement tant que la salinité est inférieure à 3 g.l⁻¹. De 4 à 7 g.l⁻¹, on constate des perturbations qui se traduisent par un ralentissement de la fréquence des pontes. On note des cas de resorption d'ovocytes lorsque la salinité dépasse 7 g.l⁻¹ (Hem *et al.*, 1994).

La biologie de la reproduction de *H. longifilis* en milieu naturel est peu connue. On sait néanmoins que la première maturation sexuelle intervient vers l'âge de 2 ans dans le Niger Moyen (Motwani, 1970) et pas avant 3 à 4 ans dans l'Oubangui (Micha, 1973). Dans ces deux situations naturelles, la saison des pluies correspond à la période de reproduction privilégiée de l'espèce. En revanche, en conditions d'élevage en lagune, les adultes sont sexuellement matures tout au long de l'année. Contrairement à la situation observée chez *C. nigrodigitatus*, aucune influence négative de la salinité du milieu n'a été mise en évidence sur l'activité sexuelle de *H. longifilis* dans la gamme de 0 à 10 g.l⁻¹ (Legendre, 1992a). Dans la rivière Ogbese au Nigeria, la période de reproduction de *H. bidorsalis* est concomitante avec la saison des pluies (Fagbenro *et al.*, 1991).

CONTRÔLE DE LA REPRODUCTION EN CAPTIVITÉ

L'observation du comportement reproducteur en milieu naturel de *C. maurus* a permis de recréer en captivité les conditions favorables à sa reproduction en fournissant aux poissons un substrat de ponte adéquat

(Dia *et al.*, 1986). Basée sur le même principe, la reproduction contrôlée de *Chrysichthys nigrodigitatus* a été obtenue par « mariage forcé », en confinant des couples sexuellement matures durant 2 à 4 semaines dans des réceptacles de ponte constitués par un tube en PVC (Hem, 1986). Cette méthode a été affinée progressivement pour parvenir actuellement à l'obtention de pontes chez plus de 80 % des femelles. La reproduction de couples en liberté en bassin disposant de réceptacles de ponte ouverts est également possible (Otémé, 1993b). Toutefois, pour des raisons pratiques, la première méthode est actuellement utilisée en contexte de production. Les masses d'œufs récoltés dans les tubes peuvent représenter jusqu'à 30 % du poids des femelles et correspondent à une fécondité effective maximale de 15 000 à 20 000 œufs par kilogramme de femelle. L'incubation des œufs peut avoir lieu dans le réceptacle lui-même en présence de la femelle ou dans des incubateurs à paniers mobiles (Hem *et al.*, 1995).

Il existe chez les femelles adultes de *C. nigrodigitatus* un développement progressif et synchrone des gonades correspondant à l'existence d'une saison de reproduction bien marquée (Hem, 1986 ; Otémé, 1993a). En lagune Ebrié, les pontes débutent fin août et leur fréquence est maximale entre septembre et octobre (plus de 50 %). On observe ensuite une baisse vers fin novembre et l'activité de ponte s'achève en décembre (Hem *et al.*, 1994). Toutefois, il faut noter que si la majorité des pontes se situe régulièrement entre septembre et novembre, le maximum annuel se déplace sensiblement selon les années. A l'issue de chaque ponte, les femelles perdent en moyenne 30 % de leur poids qu'elles doivent retrouver avant une nouvelle vitellogenèse. Normalement, au bout de quatre mois (de décembre à avril) de repos et de nourrissage enrichi, ces femelles ont la capacité de retrouver leur poids initial. Le début de vitellogenèse, caractérisé par l'apparition d'ovocytes de faible diamètre (320 µm) est noté en avril-mai. Il coïncide avec une baisse annuelle de la température et de la salinité, conséquence des premières pluies indiquant la fin de la grande saison sèche. L'activité de vitellogenèse maximale se situe au cours de la période allant d'avril à août. La phase finale de la maturation gonadique intervient en août et le diamètre moyen des ovocytes est alors de 2,5 à 3,0 mm (Nunez *et al.* ; 1995).

Pour pouvoir disposer d'alevins sur une période de temps plus importante dans l'année, des expériences ont été réalisées dans le but d'obtenir des pontes de *C. nigrodigitatus* en dehors de la saison de reproduction naturelle. Il a ainsi été montré que lorsque des femelles en phase de vitellogenèse sont placées en eau recyclée thermorégulée à 20 °C, le développement des gonades est fortement ralenti et la ponte peut ainsi être retardée de plus de 3 mois. Cette dernière est obtenue en faisant remonter progressivement la température de 20 à 29 °C. Les œufs collectés et les alevins en résultant sont de bonne qualité, mais la

fécondité tend à être plus faible que durant la saison de reproduction normale (Hem *et al.*, 1994). Si cette méthode apparaît intéressante pour réguler l'obtention des pontes durant la saison de reproduction (décalage de 2-3 semaines), le coût de fonctionnement du circuit de refroidissement reste incompatible avec l'obtention de pontes hors saison à une échelle de production.

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), mais les résultats paraissent aléatoires et conduisent à de grandes pertes d'œufs. L'induction hormonale de la maturation ovocytaire et de l'ovulation 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, 1986, 1992a ; Slembrouck et Legendre, 1988 ; Legendre et Otémé, 1995).

En élevage, *H. longifilis* parvient à maturité sexuelle plus précocement qu'en milieu naturel, à l'âge de 12-14 mois pour les femelles et 10-11 mois pour les mâles. Après sélection des femelles sur la base d'un diamètre ovocytaire modal voisin de 1,5 mm, un taux de 100 % d'ovulation (sur plus de 200 femelles traitées) a jusqu'à présent été obtenu après une seule injection intramusculaire de gonadotropine chorionique humaine (hCG) à la dose optimale de 1,5 U.I.g⁻¹. Le choix de cette hormone est dicté par son activité standardisée, sa conservation facile et son obtention aisée dans de nombreux pays africains. Son utilisation répétée ne présente pas d'effets négatifs (réaction immunitaire) puisque l'ovulation a pu être provoquée jusqu'à 5 à 11 fois chez une même femelle sans qu'aucune variation anormale de fécondité ou de qualité des ovules n'ait été détectée. Dans certains contextes, l'utilisation de suspensions hypophysaires de carpe ou de grenouille lui est cependant préférée (Nwadukwe, 1993 ; Nwadukwe *et al.*, 1993).

Contrairement aux ovules, le sperme ne peut être collecté par massage abdominal. Il est donc généralement 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. L'ablation partielle des testicules sur des mâles préalablement anesthésiés a été tentée avec succès (Nguenga, comm. pers.) et peut permettre de conserver des animaux génétiquement intéressants. Une technique de cryoconservation du sperme a par ailleurs été établie (Otémé *et al.*, 1996).

Les géniteurs de *H. longifilis* élevés en enclos lagunaires à faible densité et avec une alimentation artificielle adéquate, sont sexuellement matures tout au long de l'année. La fécondité individuelle est élevée, bien que variable selon la saison (en moyenne, de 28 000 ovules par kilogramme de femelle de

décembre à février, en saison sèche, à 68 000 ovules par kilogramme de femelle de mai à juillet, en saison des pluies) (Legendre, 1992a). En outre, après le traitement hormonal, une reprise rapide de l'ovogenèse s'effectue chez les femelles de *H. longifilis* maintenues en captivité (Nunez *et al.*, 1995). Une étude portant sur la fréquence minimale d'induction répétée de l'ovulation chez une même femelle, permettant de conserver un bon niveau de fécondité et de qualité des ovules, a montré que la reconstitution complète du stock des ovocytes postvitellogéniques s'effectue au bout de 2 à 3 semaines (données non publiées). Il est donc possible de programmer, tout au long de l'année, la production simultanée de plusieurs centaines de milliers de larves à partir d'un nombre restreint de géniteurs, ce qui constitue une caractéristique extrêmement favorable de l'espèce. L'effectif de géniteurs mis en jeu doit cependant être suffisant pour maintenir la variabilité génétique du stock (Agnès *et al.*, 1995).

Les techniques d'induction hormonale et de fécondation artificielle requièrent, pour être optimales, de disposer d'écloseries bien équipées et d'un personnel compétent. La forte fécondité de l'espèce autorise cependant de grandes pertes d'œufs lorsque les besoins à satisfaire sont limités. Une adaptation des techniques développées a ainsi permis un certain succès dans le cadre de piscicultures rurales en Côte d'Ivoire (Oswald, comm. pers.).

FILIÈRE ET SYSTÈMES D'ÉLEVAGE

Élevage larvaire et alevinage

L'élevage larvaire et l'alevinage de *C. nigrodigitatus* ne pose désormais aucun problème particulier du fait de la grande taille des larves à l'éclosion et de l'importance de leur réserve vitelline. L'éclosion intervient cinq jours après la fécondation à la température de 27-29 °C. Les larves obtenues pèsent alors 25 à 30 mg. Elles sont dotées d'un important sac vitellin (environ 3 mm), dont la résorption complète dure une dizaine de jours à la température de 28-30 °C. A partir de ce stade les poissons acceptent directement un aliment composé contenant 45 % de protéine brutes, présenté sous forme de farine (Dia et Otémé, 1986). Après une vingtaine de jours d'élevage en bacs circulaires alimentés en eau de lagune, les alevins atteignent un poids de 80 à 150 mg et peuvent alors être transférés en étangs (Hem *et al.*, 1994, 1995).

Les larves de *Heterobranchus longifilis*, issues d'œufs beaucoup plus petits, ne pèsent que 2 mg en fin de résorption vitelline, soit 48 h après éclosion à 27-29 °C. Les études ont montré que ces larves présentent des besoins alimentaires particuliers durant la première semaine qui suit leur entrée en phase trophique (qui correspond à leur période zooplanctonophage) et nécessitent une alimentation spécifique jusqu'à un poids de 50 mg environ (Legendre *et al.*, 1995).

Deux options d'alevinage ont été développées pour cette espèce. L'une « intensive » en éclosérie, qui fait appel à des stations bien équipées et dont le succès dépend d'un approvisionnement suffisant en aliment adéquats et d'une eau de bonne qualité. L'autre plus « extensive » en étang ou en bassins, qui cherche à valoriser les ressources naturelles en zooplancton et permet en théorie une plus grande autonomie des petits producteurs.

L'option « intensive » en éclosérie est certainement celle qui répond le mieux aux impératifs d'une production à grande échelle. Les meilleurs résultats de croissance sont obtenus en utilisant des nauplii d'*Artemia* comme aliment de départ. Des poids moyens de 150-250 mg sont obtenus en 15 jours d'élevage avec des taux de survie allant de 60 à plus de 90 % (Kerdchuen et Legendre, 1994 ; Legendre *et al.*, 1995 ; Otémé et Gilles, 1995). L'utilisation de l'*Artemia* pose cependant des problèmes économiques dans de nombreux pays africains, des substituts doivent donc lui être recherchés. Dans ce sens, Kerdchuen et Legendre (1994) et Legendre *et al.* (1995) ont montré que des taux de survie équivalents à ceux obtenus avec l'*Artemia*, mais avec une croissance plus faible, peuvent être atteints en nourrissant les larves avec le cladocère *Moina micrura* ou avec des aliments composés à base de foie de bœuf et de levures.

Dans le cadre d'un alevinage « extensif », l'empoissonnement des étangs avec les larves en fin de résorption vitelline s'est avéré infructueux (survie de 0 à 7 %) en raison principalement de la prédation exercée par les têtards et les insectes aquatiques (Legendre, 1992b et données non publiées). En revanche, lorsque les larves sont protégées de leurs prédateurs, dans des cages de petit maillage implantées en étang (Legendre *et al.*, 1991) ou en bassins en béton protégés par des filets et ensemencés en zooplancton (Assouhan, 1992 ; observations non publiées) des taux de survie compris entre 20 et 50 % peuvent être obtenus après 2-3 semaines d'élevage. A terme, cette seconde approche devrait pouvoir constituer une alternative moins onéreuse pour la production d'alevins, son succès repose avant tout sur la possibilité de maintenir de fortes biomasses planctoniques dans les structures d'élevage.

Prégrossissement

La phase de prégrossissement comporte chez *C. nigrodigitatus* deux étapes successives. La première se déroule en étang où les alevins disposent, en plus de l'aliment composé distribué, de la nourriture naturelle (plancton) présente dans le milieu. Ce prégrossissement semi-intensif permet de produire des poissons de 5 à 7 g environ en trois mois. La seconde phase est réalisée en milieu lagunaire dans des cage-enclos de petite maille (8 mm). Des alevins de 15 à 20 g sont obtenus en 3-4 mois avec une densité

optimale de 100 poissons par mètre carré (Hem *et al.*, 1987). Ce mode de production d'alevins peu onéreux, a donné des résultats variables mais semble bien adapté au contexte de l'aquaculture lagunaire.

Compte tenu de sa croissance rapide, le prégrossissement de *H. longifilis* se réalise en une seule étape en étang, comme en bassin, à une densité de mise en charge de 10 à 15 alevins par mètre carré. En complément des productions naturelles dans les structures d'élevage, un aliment composé à 40 % de protéines brutes est distribué sous forme de granulés à la ration journalière de 7 % de la biomasse. Après une période d'élevage de 2 à 3 mois et en fonction de la densité initiale, *H. longifilis* atteint en étang un poids moyen de 50 g à partir d'alevins de 0,1 g. Durant cette phase, la prédation et le cannibalisme sont deux facteurs de mortalité particulièrement importants à maîtriser. Le premier peut être évité par une bonne préparation des étangs qui, peu avant l'« empoissonnement », doivent recevoir une application de chaux vive afin d'éliminer les espèces parasites. Pour limiter le cannibalisme, il est essentiel que les alevins aient une taille bien calibrée, ce qui peut nécessiter un tri préalable. Dans ces conditions, les taux de survie obtenus sont généralement supérieurs à 60 % (Legendre, 1992b).

Grossissement

En lagune, le grossissement des Siluroidei (*C. nigrodigitatus* et *H. longifilis*) s'effectue essentiellement en enclos lagunaires, dont les modalités techniques d'implantation ont été décrites par Hem (1982). Il s'agit d'une structure d'élevage particulièrement bien adaptée aux zones peu profondes de la lagune. Ecologiquement proche du biotope des espèces de poissons-chats autochtones utilisées, elle permet en outre de minimiser les risques d'inadaptation et de mortalité. Dans cet élevage de type intensif, l'utilisation d'aliments composés constitue un élément fondamental de la production. Le poisson est alors utilisé pour la transformation et la valorisation des sous-produits agro-industriels disponibles localement.

Chez *C. nigrodigitatus*, cette phase du cycle d'élevage consiste à amener les juvéniles de 15-20 g à la taille marchande dans des conditions économiques satisfaisantes. Les charges d'empoissonnement généralement utilisées sont de 10 à 20 individus par mètre carré et les poissons atteignent un poids final de 300-350 g en 10-12 mois avec un indice de consommation de l'ordre de 2 pour un aliment composé à 35 % de protéines brutes distribué sous forme de granulés. Les taux de survie sont généralement supérieurs à 90 %. Cissé *et al.* (1995) ont montré que les produits de la pêche ou leurs dérivés conservés par la méthode de l'ensilage acide ou du coensilage biologique peuvent constituer une bonne source azotée pour l'alimentation de ce poisson. Des essais d'élevage de *C. nigrodigitatus* en étang, en association avec des

tilapias ont par ailleurs été effectués et montrent que la croissance de cette espèce n'est pas affectée par la présence des tilapias (Otémé, 1991).

Le grossissement de *Heterobranchus longifilis* en monoculture a été réalisé en enclos, en cages fixes et en bassins (Legendre 1992b, Kerdchuen, 1992 ; Kerdchuen et Legendre, 1992). Les poissons sont nourris avec des granulés contenant 35 à 40 % de protéines brutes et à raison de 5 % de la biomasse en début d'élevage puis à 3 % et 1 % de la biomasse dès que les poissons ont atteint les poids moyens de 100 et 500 g respectivement. La croissance de *H. longifilis* en grossissement est très rapide et peu influencée par le type de structure d'élevage. Un poids moyen de 500 à 700 g est atteint en 6 mois ce qui permet de réaliser deux cycles de grossissement par an. Les besoins alimentaires, notamment les besoins en protéines (Kerdchuen, 1992), de même que les stratégies d'alimentation (Kerdchuen, 1992 ; Luquet et al., 1995 ; Avit et Luquet, 1995) ont été déterminés. Les modalités de distribution des aliments constituent 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.

En Côte d'Ivoire, l'élevage en monoculture de *H. longifilis* en étangs continentaux, bien qu'encore à un stade embryonnaire, connaît des résultats très encourageants avec des rendements de 60 à 80 t.ha⁻¹.an⁻¹ pour des indices de consommation de 1,5 à 2,0 et une croissance de 6 à 10 g.j⁻¹. Ces résultats laissent entrevoir un vaste champ d'utilisation de *H. longifilis* pour la pisciculture africaine, qui dépasse largement le cadre strict de l'aquaculture lagunaire. Ce poisson s'est en revanche avéré peu adapté pour un élevage en polyculture avec les tilapias, car sa croissance, dans ce cas trop rapide, entraîne un écart de taille important avec les tilapias sur lesquels il exerce une prédation. *Heterobranchus isopterus* qui atteint des tailles plus modestes, apparaît par contre comme une bonne espèce d'accompagnement avec le tilapia (Lazard et Oswald, 1995).

CONCLUSION

Le potentiel aquacole de *Heterobranchus longifilis* et de *Chrysichthys nigrodigitatus* est bien établi. De nombreuses caractéristiques favorables à une exploitation piscicole confèrent à ces espèces un avenir des plus prometteurs en tant que poisson d'élevage : grande robustesse, régime alimentaire omnivore, bonne acceptation des aliments composés et bonne

adaptations aux milieux saumâtres. *Chrysichthys nigrodigitatus* est une espèce résistante bien aux manipulations et capable de supporter momentanément de faibles tensions partielles en oxygène. *H. longifilis* présente en outre une croissance remarquablement rapide (jusqu'à 8 à 10 g.j⁻¹), une capacité à supporter des conditions hypoxiques, une reproduction continue et une fécondité élevée. Ces excellentes caractéristiques biologiques et zootechniques sont nécessaires, mais ne suffiraient pas s'il n'y avait aussi une demande importante des consommateurs pour ces espèces qui présentent une bonne valeur commerciale dans de nombreux pays, notamment en Afrique de l'Ouest. En Côte d'Ivoire, une demande spécifique formulée par les consommateurs conduit les pisciculteurs ruraux à exprimer le besoin de diversifier leur production actuellement limitée aux tilapias, en intégrant *H. longifilis* ou d'autres espèces de *Heterobranchus* dans leurs élevages.

Les techniques de reproduction contrôlée ainsi que la filière d'élevage de ces Siluroidei sont dans l'ensemble bien maîtrisées. Cependant, dans l'optique d'un transfert vers l'entreprise privée, en milieu rural, les recherches doivent être poursuivies en vue d'améliorer, principalement chez *H. longifilis*, les taux de survie en phases larvaire et d'alevinage qui constituent à l'heure actuelle une préoccupation majeure en étang, structure plus accessible en contexte paysan.

L'élevage de *C. nigrodigitatus* est désormais pratiqué à l'échelle industrielle dans les lagunes de Côte d'Ivoire. Une production régulière d'environ 300 tonnes par an enregistrée depuis 1990 marque un tournant décisif et une sérieuse amorce d'un développement de l'aquaculture de cette espèce. Cependant différents problèmes se posent dans ces élevages de type intensif : d'une part, la disponibilité en aliments composés reste un facteur limitant de la filière, mais, d'autre part, les impacts environnementaux sur le milieu lagunaire résultant de l'utilisation de ces aliments composés demandent à être évalués de façon plus approfondie. Une production d'environ 600 tonnes de *Chrysichthys* d'élevage (soit un besoin de 1 200 à 1 500 tonnes d'aliment granulé), tentée en 1995 à partir de 2 millions d'alevins produits par une écloserie privée, a déjà soulevé des problèmes de pollution organique et de compétition avec d'autres types d'élevage, en particulier l'aviciculture, utilisant les mêmes sous-produits. Un mode d'élevage plus extensif, tel que celui développé aux USA pour *Ictalurus*, pourrait constituer une voie complémentaire pour l'aquaculture de *Chrysichthys nigrodigitatus* en Afrique de l'Ouest. Les recherches sur le décalage des pontes en dehors de la saison de reproduction naturelle doivent également être poursuivies pour permettre un approvisionnement plus régulier en alevins.

REFERENCES

- Agnès J.F., Z.J. Otémé, S. Gilles 1995. Effects of domestication on genetic variability, fertility, survival and growth rate in a tropical siluriform: *Heterobranchus longifilis* Valenciennes, 1840. *Aquaculture* **131**, 197-204.
- Albaret J.J. 1994. Les poissons : biologie et peuplement. In : Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome II. Les milieux lagunaires. J.R. Durand, P. Dufour, D. Guiral, S.G.F. Zabi eds. Editions de l'ORSTOM, Paris, 239-279.
- Amon Kothias J.B., A.K. Dia 1977. Etude de la croissance des juvéniles de mâchoiron (*Chrysichthys walkeri*). Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 5 p.
- Anadu D.I., C.C. Eze 1992. Culturing catfish under different stocking densities. *Aquac. Mag.* **92**, 48-54.
- Anyanwu P., B. Ezenwa, P. Uzukwu 1989. Fish culture in Homestead tanks in Nigeria: practices, problems and prospects. *Aquabyte* **2**, 8-10.
- Ardill J.D. 1982. Africa. A general review of coastal aquaculture in the Africa region. In: Coastal aquaculture: development perspectives in Africa and case studies from other regions. *CIFA Tech. Pap./Doc. Tech. CPCA* **9**, 258 p.
- Assouhan J. 1992. Etude des facteurs du milieu sur la survie et la croissance larvaire d'un silure africain *Heterobranchus longifilis*. Mém. Ing. ENSA Rennes, France, Spéc. halieutique, 34 p.
- Avit J.B.L.F., P. Luquet 1995. Consommation volontaire d'aliments en situation d'alternance de lumière et d'obscurité chez *Heterobranchus longifilis*. *Aquat. Living Resour.* **8**, 385-387.
- Bell-Cross G. 1976. The fishes of Rhodesia. National Museums and Monuments of Zimbabwe, Harare, 268 p.
- Chauvet C. 1972. Note préliminaire à l'étude des stocks de poissons du genre *Chrysichthys* des lagunes et rivières de la Côte d'Ivoire. *Tethys* **4**, 981-988.
- Cissé A., P. Luquet, A. Etchian 1995. Utilisation par *Chrysichthys nigrodigitatus* (Clariidae) d'ensilage chimique ou biologique de poissons. *Aquat. Living Resour.* **8**, 373-377.
- Dada B.F. 1976. Present status and prospects for aquaculture in Nigeria. Symp. Aquaculture in Africa, Accra, Ghana, 1975. *CIFA Tech. Pap.*, **4** suppl. 1, 79-85.
- Daget J. 1962. Poissons du Fouta Dialon et de la basse Guinée. *Mém. Inst. Fr. Afr. Noire* **65**, 210 p.
- Daget J., A. Iltis 1965. Poissons de Côte d'Ivoire (Eaux douces et saumâtres). *Mém. Inst. Fr. Afr. Noire* **74**, 385 p.
- Dia A.K. 1975. Détermination de l'âge des mâchoirons (*Chrysichthys nigrodigitatus*). Premières estimations de la croissance. *Doc. Scient. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan* **6**, 139-151.
- Dia A.K. 1982. Etude de la croissance des juvéniles de *Chrysichthys walkeri* (Günther) en étang en fonction de la densité. *Aquaculture* **27**, 187-195.
- Dia A.K., S. Hem, M. Legendre 1986. Les recherches en aquaculture lagunaire en Côte d'Ivoire. Cent. Rech. Océanogr. Abidjan, 52 p.
- Dia A.K., Z.J. Otémé 1986. Etude de la qualité de l'aliment et de la densité sur le taux de survie des alevins de *Chrysichthys nigrodigitatus*. In: Aquaculture research in the African region. Proceedings of the African seminar on aquaculture. E.A. Huisman ed. PUDOC, Wageningen (Hollande), 169-174.
- Ezenwa B.I.O., K. Ikusemiju 1981. Age and growth determination in the catfish, *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacépède) by use of the dorsal spine. *J. Fish Biol.* **19**, 345-351.
- Fagade S.O., C.I.O. Olaniyan 1973. The food and feeding interrelation of the fishes in the Lagos lagoon. *J. Fish Biol.* **5**, 205-225.
- Fagbenro O.A. 1990. Food composition and digestive enzymes in the gut of pond-cultured *Clarias isheriensis* (Sydenham, 1809), (Siluriformes, Clariidae). *J. Appl. Ichthyol.* **6**, 91-98.
- Fagbenro O.A. 1992a. Utilization of cocoa pod husk in low-cost diets by the clariid catfish, *Clarias isheriensis* Sydenham. *Aquac. Fish. Manag.* **23**, 175-182.
- Fagbenro O.A. 1992b. The dietary habits of the clariid catfish, *Heterobranchus bidorsalis* (Geoffroy St. Hilaire 1809) in Owena Reservoir, Southwestern Nigeria. *Trop. Zool.* **5**, 11-17.
- Fagbenro O.A., T.S. Olaniran, A.O. Esan 1991. Some aspects of the biology of the catfish, *Heterobranchus bidorsalis* Geoffroy Saint Hilaire, 1809 (Clariidae) in river Ogbese, Nigeria. *J. Afr. Zool.* **105**, 363-372.
- Fagbenro O.A., C.O. Adedire, E.A. Owosconi, E.O. Ayotunde 1993. Studies on the biology and aquaculture potential of feral catfish *Heterobranchus bidorsalis* (Geoffroy St. Hilaire, 1809) (Clariidae). *Trop. Zool.* **6**, 67-79.
- FAO 1993. Aquaculture production 1985-1991. FAO/FIDI/C815 (Rev. 5), 213 p.
- Franks S. 1974. The spotted squeater *Synodontis nebulosus*, the butter catfish *Schilbe mystus*, the vundu *Heterobranchus longifilis* and the electric catfish *Malapterus electricus* in Lake Kariba: a man-made tropical ecosystem in Central Africa. E.K. Balon, A.G. Coche eds. *Monographiae Biologicae* **24**, 325-332.
- Hecht T., W. Lublinkhof 1985. *Clarias gariepinus* × *Heterobranchus longifilis* (Clariidae: Pisces): a new hybrid for aquaculture? *S. Afr. J. Sci.* **81**, 620-621.
- Hecht T., W. Lublinkhof, D. Kenmuir 1991. Induced spawning of the vundu *Heterobranchus longifilis*, and embryo survival rates of pure and reciprocal clariid crosses. *S. Afr. J. Wildl. Res.* **21**, 123-125.
- Hecht T., L. Oellerman, L. Verheust 1996. Perspectives on clariid catfish culture in Africa. In: The biology and culture of catfishes. M. Legendre, J.P. Proteau eds. *Aquat. Living Resour.* Hors Série, 197-206.
- Hem S. 1982. L'aquaculture en enclos : adaptation en 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. Proc. African seminar on aquaculture. E.A. Huisman ed. PUDOC, Wageningen, Neth. 189-205.
- Hem S., F.X. Bard, Z.J. Otémé, Y. Moreau 1987. Recherches sur l'aquaculture du mâchoiron. In : Recherches en aquaculture sur les principales espèces de poissons lagunaires en Côte d'Ivoire. (1984-1986). Rapp. CEE/ORSTOM/CRO, TSD A. 082, 11-39.
- Hem S., M. Legendre, L. Trébaol, A. Cissé, Z.J. Otémé, Y. Moreau 1994. L'aquaculture lagunaire. In : Environnement et ressources aquatiques de Côte d'Ivoire. Tome II. Les milieux lagunaires. J.R. Durand, P. Dufour,

- D. Guiral, S.G.F. Zabi eds. Editions de l'ORSTOM, Paris, 455-505.
- Hem S., J. Nunez Rodriguez, Z.J. Otémé 1995. L'aquaculture du mâchoiron en Côte d'Ivoire. *ORSTOM actualités* **48**, 28-33.
- Ikusemiju K., C.I.O. Olaniyan 1977. The food and feeding habits of the catfishes, *Chrysichthys walkeri* (Günther), *Chrysichthys filamentosus* (Boulenger) and *Chrysichthys nigrodigitatus* (Lacépède) in Lekki lagoon, Nigeria. *J. Fish Biol.* **10**, 105-115.
- Jackson P.N.B. 1988. Aquaculture in Africa. In : Biologie et écologie des poissons africains d'eau douce. C. Lévêque, M.N. Bruton, G.W. Ssentongo eds. ORSTOM, *Trav. Doc.* **216**, 459-480.
- Kerdchuen N. 1992. L'alimentation artificielle d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei : Clariidae) : Incidence du mode d'alimentation et première estimation des besoins nutritionnels. ORSTOM, *Trav. Doc.* **88**, 182 p.
- Kerdchuen N., M. Legendre 1991. Influence de la période et de la fréquence de nourrissage sur la croissance et l'efficacité alimentaire d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei, Clariidae). *Aquat. Living Resour.* **4**, 241-248.
- Kerdchuen N., M. Legendre 1992. Effet favorable des fortes densités pour l'adaptation d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Pisces, Clariidae), en bacs de petit volume. *Rev. Hydrobiol. Trop.* **25**, 63-67.
- Kerdchuen N., M. Legendre 1994. Larval rearing of an African catfish, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei, Clariidae): a comparison between natural and artificial diet. *Aquat. Living Resour.* **7**, 247-253.
- Laleye P., E. Baras, J.-C. Phillipart 1995. Variations du régime alimentaire de *Chrysichthys nigrodigitatus* et *C. auratus* (Claroteidae) dans les lagunes du Sud-Bénin. *Aquat. Living Resour.* **8**, 365-372.
- Lazard J., M. Legendre 1994. La pisciculture tropicale : enjeux et problèmes de recherche, exemple de la pisciculture africaine. *Cahiers Agriculture* **3**, 83-92.
- Lazard J., M. Oswald 1995. Association silure africain-tilapia : polyculture ou contrôle de la reproduction ? *Aquat. Living Resour.* **8**, 455-463.
- Lazard J., Y. Lecomte, B. Stomal, J.-Y. Weigel 1991. Pisciculture en Afrique subsaharienne. Situations et projets dans des pays francophones, propositions d'action. Ministère Français du Développement et de la Coopération, 155 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. 1989. Enquête préliminaire sur la consommation du silure *Heterobranchus longifilis* en Côte d'Ivoire. *Arch. Sci. Centre Rech. Océanogr. Abidjan* **12**, 12 p.
- Legendre M. 1992a. Potentialités aquacoles des Cichlidae (*Sarotherodon melanotheron*, *Tilapia guineensis*) et Clariidae (*Heterobranchus longifilis*) autochtones des lagunes ivoiriennes. ORSTOM, *Trav. Doc.* **89**, 83 p. + annexes.
- Legendre M. 1992b. Bilan des premiers essais d'élevage d'un silure africain, *Heterobranchus longifilis* (Clariidae) en milieu lagunaire (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire). In : Recherches sur les systèmes piscicoles en Afrique. G.M. Bernacsek, H. Powles eds. IDRC-MR308e,f, Ottawa, Canada, 211-232.
- Legendre M., J.J. Albaret 1984. Protocole d'identification des espèces autochtones présentant un intérêt potentiel pour l'aquaculture en milieu lagunaire. *Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 4 p.
- Legendre M., J.J. Albaret 1991. Maximum observed length (MOL) as an indicator of growth rate in tropical fishes. *Aquaculture* **94**, 327-341.
- Legendre M., G.G. Teugels 1991. Développement et tolérance à la température des œufs de *Heterobranchus longifilis*, et comparaison des développements larvaires de *H. longifilis* et de *Clarias gariepinus* (Teleostei, Clariidae). *Aquat. Living Resour.* **4**, 227-240.
- Legendre M., J. Slembrouck, N. Kerdchuen, Z.J. Otémé 1991. Evaluation d'une méthode extensive d'alevinage des Clariidae en cages implantées en étangs. *Doc. ORSTOM Montpellier*, 35 p. + annexes.
- Legendre M., G.G. Teugels, C. Cauty, B. Jalabert 1992. A comparative study on morphology, growth rate and reproduction of *Clarias gariepinus*, *Heterobranchus longifilis* and their reciprocal hybrids (Pisces, Clariidae). *J. Fish Biol.* **40**, 59-79.
- Legendre M., N. Kerdchuen, G. Corraze, P. Bergot 1994. Larval rearing of an African catfish, *Heterobranchus longifilis* (Teleostei, Clariidae): effect of dietary lipids on growth, survival and fatty acid composition of fry. *Aquat. Living Resour.* **8**, 355-363.
- Luquet P., Z.J. Otémé, A. Cissé 1995. Mise en évidence et valorisation de la croissance compensatrice chez *Heterobranchus longifilis*. *Aquat. Living Resour.* **8**, 389-394.
- Micha J.C. 1973. Etudes des populations piscicoles de l'Ubanguï et tentatives de sélection et d'adaptation des quelques espèces à l'étang de pisciculture. *Cent. Tech. Forest. Trop. Paris*, 110 p.
- Mo T. 1991. Anatomy, relationships and systematics of the Bagridae (Teleostei, Siluroidei) with a hypothesis of siluroid phylogeny. *Theses Zoologicae* **17**, 1-216.
- 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), R 2771, 196 p.
- Msiska O.V., B.B.A. Rashidi, Z.E. Kamvabingu 1991. Growth performance of a planktivorous clariid, *Bathyclarias loweae*, in an experimental pond. *Aquabyte* **4.2**, 9.
- Nuncz Rodriguez J., Z.J. Otémé, S. Hem 1995. Comparative study of vitellogenesis of two African catfish species *Chrysichthys nigrodigitatus* (Claroteidae) and *Heterobranchus longifilis* (Clariidae). *Aquat. Living Resour.* **8**, 291-296.
- Nwaduakwe F.O. 1993. Inducing maturation, ovulation and spawning in the African catfish *Heterobranchus longifilis* Valenciennes (Pisces: Clariidae), using frog pituitary extract. *Aquac. Fish. Manag.* **24**, 625-630.
- Nwaduakwe F.O. 1995. Hatchery propagation of five hybrid groups by artificial hybridization of *Clarias gariepinus* (B) and *Heterobranchus longifilis* (Val.) (Clariidae) using

- dry, powdered carp pituitary hormone. *J. Aquac. Trop.* 10, 1-11.
- Nwaduwa F.O., O.A. Ayinla, N.J. Abby-Kalio 1993. Effects of various doses of acetone-dried powdered carp pituitary extract and season on hatchery propagation of *Heterobranchus longifilis* (Val., 1840) (Pisces: Clariidae). *J. Aquac. Trop.* 8, 33-40.
- Otémé Z.J. 1991. Polyculture du mâchoiron *Chrysichthys nigrodigitatus* avec *Oreochromis niloticus* en étang. *J. Ivoir. Océanol. Limnol.* 1, 9-15.
- Otémé Z.J. 1993a. Cycle sexuel et fécondité du mâchoiron *Chrysichthys nigrodigitatus* en lagune Ebrié, Côte d'Ivoire. *J. Ivoir. Océanol. Limnol.* 2, 61-67.
- Otémé Z.J. 1993b. Reproduction et fécondité du mâchoiron *Chrysichthys nigrodigitatus* en milieu d'élevage. *J. Ivoir. Océanol. Limnol.* 2, 53-59.
- Otémé Z.J., S. Gilles 1995. Elevage larvaire du silure *Heterobranchus longifilis* : évaluation quantitative des besoins en proies vivantes des larves. *Aquat. Living Resour.* 8, 351-354.
- Otémé Z.J., J. Nuncz Rodriguez, C. Kouassi, S. Hem, J.F. Agnès 1996. Testicular structure, spermatogenesis and sperm cryopreservation in the African clariid catfish *Heterobranchus longifilis* (Valenciennes, 1840). *Aquac. Res.* (sous presse).
- Risch L. 1981. Note sur la réhabilitation de *Chrysichthys maurus* (Cuv. & Val., 1839). *Rev. Zool. Afr.* 95, 409-416.
- Risch L.M. 1992. Clariidae. In : Faune des poissons d'eau douce et saumâtres de l'Afrique de l'Ouest. Tome 2. C. Levêque, D. Paugy, G.G. Teugels eds. Editions de l'ORSTOM, Paris, 395-431.
- Séka A., 1984. Possibilités d'élevage d'un poisson Clariidae des régions forestières de Côte d'Ivoire : *Heterobranchus longifilis*. *Mém. DEA, Univ. Toulouse*, 33 p.
- Salami A.A., O.A. Fagbenro, D.H.J. Sydenham 1993. The production and growth of Clariid catfish hybrids in concrete tanks. *Bamidjeh* 45, 18-25.
- Slembrouck J., M. Legendre 1988. Aspects techniques de la reproduction contrôlée de *Heterobranchus longifilis* (Clariidae). *Cent. Rech. Océanogr. Abidjan*, 19 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.* 93, 237-257.
- Teugels G.G., C. Ozouf-Costaz, M. Legendre, M. Parent 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., R. Guyomard, M. Legendre 1992b. Enzymatic variation in clariid catfishes. *J. Fish Biol.* 40, 87-96.
- Van den Bossche J.P., G.M. Bernaschek 1990. Source book for the inland fishery resources of Africa. *FAO, CIFA Tech. Pap.* 10-2, 411 p.