

La reproduction spontanée du tilapia : une chance ou un handicap pour le développement de l'aquaculture africaine ?

J. LAZARD

*Programme aquaculture et pêche
Département d'élevage et de médecine vétérinaire
Centre de coopération internationale en recherche
agronomique pour le développement (CIRAD-EMVT)
Groupe aquaculture continentale
méditerranéenne et tropicale (GAMET)
BP 5095-34033 Montpellier Cédex 1
France*

M. LEGENDRE

*Institut français de recherche scientifique
pour le développement en coopération (ORSTOM)
Groupe aquaculture continentale
méditerranéenne et tropicale (GAMET)
BP 5095-34033 Montpellier Cédex 1
France*

LAZARD, J. et M. LEGENDRE. 1996. La reproduction spontanée du tilapia : une chance ou un handicap pour le développement de l'aquaculture africaine ? p. 82-98. In R.S.V. Pullin, J. Lazard, M. Legendre, J.B. Amon-Kothias et D. Pauly (éds.) Le Troisième Symposium International sur le Tilapia en Aquaculture. ICLARM Conf. Proc. 41, 630 p.

Résumé

La reproduction spontanée et continue, au cours de l'année, des tilapias en captivité a d'abord été considérée comme un atout inespéré pour le développement de la pisciculture en Afrique, puis rapidement comme un handicap sérieux dans l'optique de l'élevage de ce poisson en étang, du fait de la surpopulation qu'elle engendrait. Différentes techniques ont permis de surmonter cet obstacle.

On peut s'interroger sur les avantages et les inconvénients de la sexualité des tilapias pour l'approvisionnement en alevins des aquaculteurs. Parmi les atouts figure la possibilité pour les aquaculteurs artisans de produire leurs propres alevins. Parmi les inconvénients figure la difficulté de gérer la qualité des géniteurs. Les faibles quantités d'oeufs produites à chaque ponte obligent à travailler sur un grand nombre de géniteurs, et l'asynchronie entre les pontes rend délicate la production simultanée de grandes quantités d'alevins calibrés. Enfin, le contrôle des reproductions indésirées en élevage implique l'utilisation de populations monosexes.

Ces différents éléments sont analysés et discutés à trois niveaux : stratégies de développement, micro-économie et identification de thèmes de recherche à développer pour améliorer les différentes options. Les données relatives à trois espèces de tilapias (*Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon melanotheron* et *Tilapia guineensis*) sont comparées à celles obtenues avec deux espèces de silures africains de la famille des Clariidés (*Clarias gariepinus* et *Heterobranchus longifilis*) nécessitant des techniques de reproduction induite, mais beaucoup plus fécondes.

Introduction

La pisciculture africaine a démarré il y a environ 50 ans avec les tilapias comme espèces de base. Les atouts essentiels de ce poisson étaient sa reproduction spontanée en captivité, un alevinage facile et son régime alimentaire à la fois situé en début de chaîne alimentaire et très plastique. L'inconvénient majeur présenté par ce poisson était sa maturité sexuelle très précoce en captivité correspondant à une taille fréquemment inférieure à sa taille marchande. Cette maturité précoce induit très rapidement en étang (infrastructure principalement utilisée en pisciculture africaine) surpopulation et nanisme au cours des élevages.

Les différentes recherches menées dans les années 1970 sur le continent africain et ailleurs ont permis à la fois une meilleure maîtrise des inconvénients liés à l'élevage des tilapias en structures fermées (monosexage, élevage mixte avec prédateur) et le développement des élevages en structures ouvertes (cages, enclos). Par ailleurs, la maîtrise du cycle biologique d'autres espèces d'intérêt aquacole (notamment de Siluriformes) a été obtenue.

Les principales espèces de tilapias étudiées dans le cadre de la présente réflexion sont *Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon melanotheron*, *Tilapia guineensis* qui couvrent ainsi les trois genres du groupe des tilapias, et *Clarias gariepinus* et *Heterobranchus longifilis*, deux silures africains de la famille des Clariidés dont l'intérêt aquacole a été démontré plus récemment. Les traits relatifs à la biologie de la reproduction et aux méthodes d'obtention des oeufs et des alevins en captivité seront tout d'abord comparés pour les deux groupes d'espèces. L'incidence sociale et économique de ces différentes

caractéristiques biologiques et techniques sur le développement de l'élevage des tilapias et des Clariidés sera ensuite analysée.

Données biologiques relatives à la reproduction de quelques tilapias et silures

Le bilan comparatif de la reproduction des tilapias et des silures est donné dans le tableau 1.

Age de première maturation sexuelle

L'âge et la taille de première maturation sexuelle varient avec l'environnement dans lequel sont placés les poissons. Chez les cinq espèces étudiées, la maturité sexuelle intervient plus précocement et à une taille plus réduite en condition d'élevage que dans le milieu naturel.

Pour *O. niloticus*, la première maturation sexuelle intervient généralement vers l'âge de deux à trois ans en conditions optimales dans le milieu naturel (lac) alors qu'en conditions défavorables telles que la captivité dans de petits étangs, la reproduction peut intervenir dès l'âge de trois mois (McBay, 1961 ; Ruwet et coll., 1976). Pour *S. melanotheron* et *T. guineensis* élevés en enclos lagunaire, la première maturation sexuelle intervient à six à huit mois (50 g) et à sept à neuf mois (60 g), respectivement. En milieu naturel (lagune Ebrié, Côte d'Ivoire), le poids de première maturation de ces deux espèces est plus élevé (130 et 80 g, respectivement) pour un âge non déterminé (Legendre et coll., 1990).

Chez *C. gariepinus*, la maturité sexuelle intervient vers deux ans dans le milieu naturel (Richter, 1976). En conditions d'élevage, la maturité est atteinte vers huit à 10 mois (Pham, 1975) ou cinq à

Tableau 1. Reproduction comparée tilapias-silures : données biologiques et contraintes (ONI, *Oreochromis niloticus* ; SME, *Sarotherodon melanotheron* ; CGA, *Clarias gariepinus* ; et HLO, *Heterobranchus longifilis*).

	Tilapias	Silures
Fécondité, prolificité	Ponte spontanée en captivité 350-3.500 oeufs/♀ (ONI)	Induction de la ponte nécessaire 60.000-80.000 oeufs/kg de ♀
Fréquence de ponte	2 semaines (SME) à 6 semaines (ONI)	6-8 semaines (CGA) 4-8 semaines (HLO)
Contrôle de la reproduction (contraintes)	Sexe ratio à respecter Densité de mise en charge Poids individuel des ♀ et ♂ Durée de reproduction/ remplacement des géniteurs	Choix de géniteurs matures (biopsie, examen papille génitale) Induction hormonale de l'ovulation Fécondation artificielle Incubation des oeufs
Réforme des géniteurs	Environ 18 mois	CGA (?) ; HLO (>6 ans)
Relations à la taille marchande	Taille reproduction < taille marchande	taille reproduction ≥ taille marchande CGA : 200 g HLO : 300-1.500 g
Dimorphisme de croissance	♂ > ♀	CGA : ♂ > ♀ HLO : ♂ = ♀
Hybrides	Qualité des souches Fécondité hybrides < fécondité intraspécifique	Hybridation CGA x HLO possible
Elevage larvaire	Pas d'élevage larvaire chez <i>Oreochromis</i> et <i>Sarotherodon</i> Brève phase larvaire chez <i>Tilapia</i>	Elevage larvaire nécessaire
Bilan des contraintes	Planification de la production Nombre de géniteurs élevé Pas de synchronisation des pontes (donc nombreuses structures nécessaires)	Induction de l'ovulation + fécondation artificielle Elevage larvaire

sept mois (Legendre et coll., 1992), à un poids de 100 à 200 g.

Chez *H. longifilis*, la maturité sexuelle intervient à l'âge de 12 à 14 mois à un poids qui varie de 300 à 1.500 g selon les conditions d'élevage (Legendre et coll., 1992). Dans le milieu naturel, la

première maturation sexuelle intervient à deux ans (Motwani, 1970).

Fécondité

Chez les tilapias, comme chez les autres poissons, la fécondité absolue

augmente avec la taille des femelles. Chez *O. niloticus*, la fécondité absolue minimale observée est de 340 ovules pour une femelle de 26 g, la fécondité maximale de 3.500 ovules pour une femelle de 550 g (Mélard, 1986). Chez *S. melanotheron* la fécondité absolue moyenne est, en enclos, de 450 oeufs pour une femelle de 100 g, de 700 oeufs pour une femelle de 200 g et 1.000 oeufs pour une femelle de 300 g (Legendre et coll., 1990). Pour des poids équivalents, la fécondité est respectivement de 4.000, 8.000 et 12.000 oeufs par femelle de *T. guineensis* élevée en enclos (Legendre et coll., 1990).

En revanche, la fécondité relative (exprimée en nombre d'oeufs fécondés ou d'alevins produits par kilogramme de femelle) varie en sens inverse du poids moyen des femelles de tilapia. Ceci oblige, pour une production maximale d'alevins avec une même biomasse de géniteurs, à conserver un nombre élevé de femelles de petite taille, d'environ 100 à 150 g chez *O. niloticus* (Mélard, 1986).

Chez les Clariidés étudiés, la fécondité relative moyenne rapportée au kilogramme de femelle varie relativement peu avec leur poids individuel. Chez *C. gariepinus*, la fécondité absolue est de 39.000 oeufs pour une femelle de 500 g, 81.000 oeufs pour une femelle de 1 kg et 132.600 oeufs pour une femelle de 1,5 kg, soit environ 80.000 oeufs par kg de femelle (Hogendoorn, 1983).

Chez *H. longifilis*, la fécondité est maximale en saison des pluies. Elle est en moyenne de 130.000 oeufs pour une femelle de 2 kg et de 344.000 oeufs pour une femelle de 4 kg (Legendre, 1986). De fortes variations saisonnières de fécondités sont observées : 28.000 oeufs par kg de femelle en saison sèche et 68.000 oeufs par kg de femelle en saison des pluies.

Fréquence de ponte

Fréquence de ponte et quantité d'alevins produits sont directement corrélées chez les tilapias et il semble plus logique de raisonner sur des valeurs moyennes durant une période de reproduction donnée que sur la base des résultats concernant des pontes unitaires. En conditions optimales et à une température de 25 à 28°C, une femelle de *O. niloticus* peut se reproduire tous les 30 à 40 jours (Ruwet et coll., 1976), mais on observe une très forte variabilité individuelle (Mires, 1982). Ainsi, selon cet auteur, la fréquence de ponte en aquarium d'une femelle de *O. niloticus* de 400-500 g de poids moyen varie de 23 à 50 jours avec une très grande variabilité du nombre total de pontes obtenu (deux à sept) durant la période d'observation considérée (11 mois).

Chez *S. melanotheron* et chez *T. guineensis*, la fréquence de ponte moyenne observée en bassins de béton de 4 m² (sexe ratio 1:1) est sensiblement plus élevée, avec un intervalle entre deux pontes de deux semaines et de trois semaines, respectivement (Legendre et coll., 1990).

D'une façon générale, la ponte au sein d'une population de géniteurs de tilapias (même âge, même taille, même stade de maturité sexuelle) se fait de façon irrégulière, asynchrone pour les différentes femelles.

Chez *C. gariepinus*, dans des conditions optimales d'élevage (alimentation, température, qualité et renouvellement d'eau), la fréquence minimale d'induction répétée de l'ovulation par traitement hormonal sur une même femelle est de l'ordre de six à huit semaines sans perte de la fécondité par ponte unitaire (Hogendoorn, 1983).

Chez *H. longifilis*, la fréquence de ponte de femelles traitées avec HCG est

de deux mois sans perte de fécondité (Legendre, 1986) et pourrait sans doute être inférieure (un mois, Z. Otémé, comm. pers.).

Contrôle de la reproduction

Chez les tilapias, l'induction hormonale de la ponte n'est pas pratiquée. Une gestion rigoureuse des stocks de géniteurs est toutefois nécessaire dans le cadre d'une production massive d'oeufs et d'alevins. Ainsi, chez *O. niloticus*, les résultats peuvent être optimisés par les pratiques et conditions d'élevage suivantes :

- séparation des sexes avant mise en place des géniteurs en structures de reproduction (étangs, hapas, bassins en béton) pour une production plus rapide et plus régulière en alevins (Guerrero, 1987 ; Parrel et coll., 1990) ;

- remplacement des géniteurs à des fréquences élevées : tous les 21 jours en hapas selon Lovshin et Ibrahim (1987), ce qui permet un accroissement de la production d'oeufs et d'alevins de l'ordre de 16 % ; et

- densités de mise en charge de 0,7 géniteurs·m⁻² en étangs de 400 m² (Lazard, 1984) ou de 4 à 5 géniteurs·m⁻² en hapas (Bautista, 1987 ; Guerrero, 1987) et sexe ratio optimal (♀:♂) généralement de l'ordre de 3:1.

Il est à noter que pour *S. melanotheron* chez lequel l'incubation buccale des oeufs est pratiquée par le mâle, le sexe ratio optimal est de 1:1.

La reproduction sans aucun recours à l'induction hormonale de l'ovulation est possible chez les silures *C. gariepinus* et *H. longifilis*, mais elle donne des résultats médiocres en termes de nombre d'oeufs et d'alevins produits. Ainsi, chez *C. gariepinus*, la reproduction naturelle en étang où l'on simule une crue (remplissage de l'étang en une journée) conduit à une production d'alevins de

l'ordre de 145 individus par 100 m², 1,5 mois après l'empoissonnement en géniteurs sexuellement matures.

Les meilleurs résultats chez *C. gariepinus* sont obtenus par induction de l'ovulation avec des hormones de différents types : HCG, extraits hypophysaires de carpes et LH-RHa associée au pimozide. Chez *H. longifilis*, l'HCG donne 100 % de réponse.

Réforme des géniteurs

La période la plus productive des géniteurs de tilapias recouvre les 18 premiers mois d'activité sexuelle (Rana, 1988), période à l'issue de laquelle il est recommandé de renouveler le stock de géniteurs.

En revanche chez les silures, aucune baisse de fécondité ne semble avoir été mise en évidence dans le cadre des expérimentations réalisées jusqu'à présent sur chacune des espèces étudiées ici. Chez *C. gariepinus*, aucune référence relative à l'âge recommandé pour la réforme des géniteurs ne semble exister et chez *H. longifilis*, aucune baisse de fécondité relative n'a été observée jusqu'à l'âge de six ans (6 kg de poids moyen).

Maturation et taille marchande ; dimorphisme sexuel de croissance

Chez les principaux tilapias utilisés en aquaculture, la maturité sexuelle intervient bien avant la taille marchande en élevage. En outre, chez tous les tilapias, on observe un dimorphisme de croissance en faveur des mâles dont on ignore encore le déterminisme précis. D'où les différentes méthodes employées pour produire des populations monosexes mâles (traitements hormonaux, hybridation interspécifique, principalement).

Chez le silure *H. longifilis*, aucune différence significative de la croissance

des mâles et des femelles n'a été mise en évidence (Legendre et coll., 1992). En revanche, un important dimorphisme de croissance en faveur des mâles est observé chez *C. gariepinus* (Henken et coll., 1987). Legendre et coll. (1992) rapportent, après 307 jours d'élevage en bassins cimentés, un poids moyen pour *H. longifilis* de 700 g chez les femelles et 680 g chez les mâles, et de 260 g et 450 g, respectivement, pour les femelles et les mâles de *C. gariepinus*.

Hybridation

La production d'hybrides de *Oreochromis* est réalisée depuis une trentaine d'années et a atteint dans les années 1970 une dimension commerciale (en Israël au début, puis dans de nombreux autres pays ensuite). Le but recherché par ces hybridations est généralement double : héritage de qualités parentales favorables (croissance, résistance au froid, meilleure capturabilité, coloration du mésentère, etc.) et obtention d'un fort pourcentage de mâles.

L'utilisation de ces croisements interspécifiques s'est toujours heurtée à un double problème de faible fertilité en comparaison des reproductions intraspécifiques (Rothbard et coll., 1983) et de maintien de lignées pures de géniteurs en vue d'obtenir des descendance proches de 100 % de mâles. Une prolificité accrue a pu être obtenue en sélectionnant les souches parentales (Hulata et coll., 1985) ou en utilisant des hybrides F_1 comme géniteurs, un traitement hormonal masculinisant étant ensuite appliqué aux descendance (Rothbard et coll., 1983).

L'hybridation est également possible chez les Clariidés par le biais de fécondations *in vitro* (Legendre et coll., 1992). L'hybride *H. longifilis* x *C. garie-*

pinus présente une croissance équivalente ou supérieure en fonction des conditions environnementales à celle du parent le plus performant (*H. longifilis*). Le sexe ratio des hybrides est équilibré ; ils sont fertiles mais avec une mauvaise efficacité de leur gamétogenèse ; mâles et femelles ont une croissance équivalente. Par rapport à l'utilisation de *H. longifilis*, l'intérêt aquacole d'un tel hybride de mise au point récente reste à mettre en évidence (résistance éventuelle à certaines conditions de milieu, à certaines pathologies, etc.).

Taille des oeufs et élevage larvaire

Les oeufs de *Oreochromis* et *Sarotherodon* présentent une taille (2,5 à 4,5 mm) nettement supérieure à celle des *Tilapia*, d'une part (1,5 à 2,0 mm), et des Clariidés, *C. gariepinus* et *H. longifilis* (1,5 mm), d'autre part.

Cette situation a un impact direct sur la phase d'alevinage : à l'issue de la résorption vitelline, au moment de leur entrée en phase trophique (20 mg environ), *Oreochromis* et *Sarotherodon* présentent déjà la morphologie définitive des adultes ; ils sont robustes et leurs besoins alimentaires sont simples à satisfaire.

A l'inverse, les larves de Clariidés dont le poids est d'environ 1,8 mg au moment de leur entrée en phase trophique nécessitent une alimentation spécifique et des conditions d'élevage particulières.

Les tilapias du genre *Tilapia* qui présentent une brève période larvaire constituent une situation intermédiaire, avec la possibilité d'une forte mortalité au moment de la première alimentation (observations faites sur *T. guineensis* ; Legendre et coll., 1990).

Données biotechniques sur la production d'alevins et de fingerlings de tilapias et de silures

Infrastructures utilisées : contraintes biologiques et techniques

TILAPIAS

Au début du développement de l'aquaculture africaine, les mêmes étangs étaient utilisés pour réaliser toutes les phases de production : reproduction, prégrossissement et grossissement (élevage par classes d'âge mélangées). Les résultats étaient médiocres (surpopulation, compétition alimentaire, cannibalisme) pour les trois phases et le nombre d'alevins récoltés était faible, entre 0,5 et 1,2 individus·m⁻²·mois⁻¹, avec une grande hétérogénéité des tailles. Par ailleurs, avec ce système, il n'était pas possible de faire la distinction entre les alevins récemment éclos et les poissons de petite taille atteints de nanisme et se reproduisant de façon précoce (néoténie).

Deux techniques plus récentes et plus performantes seront brièvement décrites ici : la production d'alevins en étang la plus répandue et celle qui semble la mieux adaptée à l'Afrique, d'une part, et la production en hapas ou petites cages, très répandue en Asie et qui pourrait convenir à de nombreuses situations africaines car peu exigeante en investissements et superficie, d'autre part.

En étang. Les nombreux essais de production d'alevins de *O. niloticus* réalisés ces dernières années conduisent à recommander, en étang, les principales méthodes résumées dans le tableau 2.

En termes de conditionnement et gestion des géniteurs, ceux-ci sont mis au repos sexuel et reconditionnés pour la

reproduction suivante (séparation des sexes, aliment riche en protéines à 4 % du poids vif·jour⁻¹) durant une à deux semaines (après une activité sexuelle de reproduction de trois à quatre semaines en étang de 300-500 m²) selon Guerrero (1985) ou durant une période équivalente à la période de reproduction (quatre mois en étang de 350 m²) selon P. Parrel (comm. pers.). Pour Guerrero (1987), les géniteurs femelles doivent avoir une taille légèrement supérieure à celle des mâles (20 à 30 g de plus) pour des géniteurs de 100 à 200 g. Lazard (1984) utilise, quant à lui, des mâles plus gros que les femelles (240 contre 100 g) et Parrel et coll. (1990) recommandent des géniteurs de poids moyen supérieur à 200 g. Guerrero (1987), partant de géniteurs de 50 à 100 g pour des reproductions en petit étang, recommande leur remplacement lorsqu'ils ont atteint le poids moyen de 250 à 350 g.

Le prégrossissement en étang, à partir d'alevins de 0,5-1 g s'effectue jusqu'à 5 g à la densité de 25 individus·m⁻² durant 60 jours avec un aliment composé comportant 20 % de farine de poisson.

Le prégrossissement à partir d'alevins de poids inférieur à 0,1 g s'effectue en hapas à la densité de 500 à 1.000·m⁻² durant une à deux semaines, puis en étang à la densité de 200 à 400·m⁻² durant deux à quatre semaines selon la taille finale désirée.

En hapas. La production d'alevins de poids moyen compris entre 60 et 80 g en petites cages ou hapas s'effectue généralement à la densité de 4 géniteurs·m⁻², avec un sexe ratio de 3:1. La fréquence de récolte des alevins est variable : elle peut être journalière, la première débutant 10 à 12 jours après la mise en charge des géniteurs (Guerrero, 1987) ou peut s'effectuer à intervalles de 15-21 jours avec récolte totale des alevins (Bautista, 1987). La

Tableau 2. Données biotechniques sur la production d'alevins de *Oreochromis niloticus* de différentes tailles en étang (SR, son de riz ; TA, tourteau d'arachide ; et FP, farine de poisson).

Superficie des étangs (m ²)	4.500	350	200
Densité de géniteurs (ind·m ⁻²)	0,16	0,7	4
Poids moyen des géniteurs (g)	62-356	100 (♀) 240 (♂)	80-100
Sexe ratio (♂:♀)	3:1	3:1	3:1
Durée d'élevage (jours)	250	120	45-60
Première récolte d'alevins (jours après mise en charge)	60	35	14
Intervalle entre 2 récoltes (jours)	30*	15*	6 fois/jour à 2 heures d'intervalle à partir de 7h00**
Aliment/fertilisation	fertilisation organique et minérale	50 % SR + 50 % TA	fertilisation organique + SR (75 %) + FP (25 %)
Nombre d'alevins produits (ind·m ⁻² ·mois ⁻¹)	8,0	45,4	200-250
Poids moyen des alevins produits	4,3 g	0,7 g	quelques mg à 0,1 g
Référence	Broussard et coll. (1983)	Lazard (1984)	Guerrero (1987)

*Pêche à la senne.

**Pêche à l'épuisette à mailles fines.

production obtenue en hapas est comprise entre 10 et 15 alevins·m⁻²·jour⁻¹ quelle que soit la fréquence de pêche. La durée du cycle de production en hapas peut varier de 30 jours (Guerrero, 1987) à 11 mois (Bautista, 1987). L'alimentation se fait à partir d'un mélange de 75 % de son de riz + 25 % de farine de poisson distribué à raison de 3 % de la biomasse de géniteurs par jour en deux distributions.

Le premier prégrossissement s'effectue en hapas durant trois semaines (densité de 1.000·m⁻² la première semaine jusqu'à 250·m⁻² la troisième semaine) avec un aliment comportant 10 % de farine de poisson et 40 % de tourteau de coprah jusqu'à une taille de 0,5-1 g (Guerrero, 1987). Le grossissement ultérieur est généralement effectué en étang.

SILURES

Les méthodes de reproduction du silure *C. gariepinus* ont déjà été largement décrites (Hogendoorn, 1983).

La reproduction de *H. longifilis* (Legendre, 1986) s'effectue toute l'année en lagune à partir de géniteurs stockés en enclos (1 individu·m⁻²). Le poids des géniteurs utilisés est de 3 à 5 kg. Après injection hormonale (HCG), la fécondation artificielle est pratiquée en écloserie et la production moyenne d'oeufs est de 68.000·kg⁻¹ de femelle en saison des pluies et 28.000·kg⁻¹ en saison sèche. Un mâle est en mesure de féconder (après sacrifice) environ 600.000 oeufs. Après éclosion, on récupère en moyenne 75 % de larves normales d'un poids moyen de 1,8 mg en fin de résorption vitelline.

En écloserie, l'élevage larvaire avec alimentation à base d'*Artemia* aboutit après deux semaines à des alevins de poids moyen compris entre 150 et 300 mg et une survie de 65 % en moyenne (Legendre et coll., 1991).

En cages à petite maille (0,6 mm) de 1 m³ placées en étang préalablement chaulé (Legendre et coll., 1991), les larves de 2 mg atteignent 100 à 300 mg au bout de deux semaines (alimentation naturelle la première semaine, complétée par un aliment truitelle la seconde semaine). Les densités de mise en charge par cage sont de 2.000 à 15.000 larves, soit 2.000 à 15.000·m⁻². Au bout de deux semaines, la survie en cage est de l'ordre de 25 % (1 à 50 %). Les alevins sont ensuite placés en étang de prégrossissement à la densité de 15·m⁻². Avec un aliment artificiel à 35-40 % de protéines, les alevins atteignent au bout de 2,5 mois un poids moyen de 30 à 50 g avec un taux de survie moyen de 60 % environ.

Dimension des installations requises pour la production d'alevins et de fingerlings

Si l'on se fixe l'objectif de production annuelle de 1 million d'alevins ou de fingerlings, quels sont les moyens à mettre en oeuvre pour parvenir à ce niveau en termes d'infrastructures ou d'effectifs de géniteurs, pour chacune des espèces étudiées ?

TILAPIAS

En étang. Production d'alevins de 0,5-1 g. Avec la méthode "semi-intensive" de production d'alevins de *O. niloticus* décrite au tableau 1 (Lazard, 1984), la production annuelle de 1 M d'alevins de 0,5-1 g requiert 0,35 ha d'étangs de 300-400 m² et 1.550 géniteurs en production (sur la base de 10 mois d'exploitation

par an), soit un effectif total de géniteurs double compte tenu de la phase de repos sexuel à respecter (environ 3.000 géniteurs de 100-300 g à entretenir en permanence).

Production de fingerlings de 5 g. Si l'objectif est de produire des fingerlings de 5 g, la superficie d'étangs supplémentaires requise est d'environ 0,4 ha en tenant compte des rotations, sur la base d'une densité de mise en charge de 60 individus·m⁻² et d'une survie de 70 %, ce qui correspond au prégrossissement de 1,4 M d'alevins.

Production de fingerlings de 30 g. Dans ce cas, la superficie d'étang supplémentaire requise est de 1,2 ha environ, en tenant compte des rotations sur la base de 260 individus·m⁻², d'une survie de 90 % et de cycles d'une durée moyenne de 60 jours.

En hapas. En hapas, la production de 1 M d'alevins de *O. niloticus* de 0,5-1 g nécessite :

- 350 m² de hapas de reproduction + 100 m² pour le conditionnement des géniteurs ; et
- 300 m² de hapas de prégrossissement (500·m⁻², 70 % de survie).

Cette production nécessite le maintien permanent en reproduction de 1.500 géniteurs de poids moyen compris entre 60 et 80 g et d'un stock correspondant aux géniteurs en phase de repos sexuel (50 % du temps de reproduction, soit 700 géniteurs). Au total, le maintien d'un stock de 2.200 géniteurs est nécessaire.

SILURES

Si l'on prend comme exemple *H. longifilis*, les moyens nécessaires à la production de 1 million de fingerlings sont les suivants^a.

^aDonnées extrapolées à partir de résultats obtenus en station expérimentale.

Une femelle de 3 kg produit en moyenne sur l'année 144.000 oeufs par ponte en tenant compte des variations saisonnières de la fécondité. L'éclosion conduit à l'obtention d'environ 100.000 larves.

Dans une première option (cas n° 1) correspondant à un alevinage en éclosérie avec une alimentation à base d'*Artemia*, on obtient 65.000 alevins au bout de deux semaines en auge (10.000 larves environ par auge de 2x0,5 m).

Dans une seconde option (cas n° 2) d'alevinage en cages implantées en étang avec alimentation naturelle puis distribution d'un aliment composé, on obtient 25.000 alevins au bout de deux semaines avec un empoissonnement initial de 6.000 à 8.000 larves environ par cage de 1 m³.

Le prégrossissement en étang des alevins de 150 à 300 mg à une densité de 15·m⁻² aboutit, au bout de 2,5 mois, à la production de 39.000 fingerlings (poids moyen : 30 à 50 g) dans le cas n° 1 et de 15.000 fingerlings dans le cas n° 2.

Si l'on se base sur une fréquence de 10 reproductions par an :

- le cas n° 1 requiert l'utilisation de trois femelles et un mâle par cycle, 30 auges d'élevage larvaire et 1,3 ha d'étangs pour la production de fingerlings ; et

- le cas n° 2 requiert l'utilisation de sept femelles et un mâle par cycle, 70 cages d'élevage larvaire placées dans sept étangs de 500 m² et 1,3 ha d'étangs pour la production de fingerlings.

Il est recommandé d'entretenir, quelle que soit l'alternative retenue, un stock minimum permanent d'environ 50 géniteurs (sexes confondus) à raison de 1·m⁻² en enclos (soit une superficie nécessaire de 50 m² d'enclos) pour

maintenir la variabilité génétique de l'espèce.

L'expérience de la production d'alevins de *C. gariepinus* sur la station de La Landjia en République centrafricaine (RCA) (Janssen, 1984) indique, outre le recours à une éclosérie, la nécessité de disposer de 17 étangs de 400 m² pour produire 1.200.000 alevins de 1 à 2 g par an en six cycles. Le nombre de géniteurs de 500 g stockés en permanence en étang est de 400 à raison de 1·m⁻².

Données économiques

Afin de ne considérer que des situations comparables, on se contentera de fournir ici des coûts relatifs au continent africain.

Coûts de production d'alevins et de juvéniles de tilapias

Les coûts donnés ici (Tableau 3) ont été obtenus en vraie grandeur au Niger en étang (station d'alevinage de Sona ; 34 étangs de 350 m² ; alimentation en eau par pompage) et en petites cages flottantes de prégrossissement placées dans le fleuve Niger.

Il ressort du tableau 3 :

- un prix de revient (coût de production) de l'alevin de *O. niloticus* de 0,5-1 g de 4,3 F CFA^b (3,67 F CFA sans amortissement) ;

- un prix de revient de l'alevin de *O. niloticus* de 5 g de 6,5 F CFA (sans amortissement des étangs ; 7,5 à 8 F CFA y compris l'amortissement) ; et

- un prix de revient des fingerlings de *O. niloticus* de 20-25 g produit en cage

^bUS\$1=250 à 300 F CFA jusqu'au 1^{er} janvier 1994.

Tableau 3. Données économiques sur la production d'alevins (0,5-1 g), de juveniles (5 g) et de fingerlings (30 g) de *Oreochromis niloticus* dans différents systèmes de production au Niger (Parrel et coll., 1990).

	Infrastructures d'élevage		
	Etangs en terre (station d'alevinage de Sona) 3.120.000 alevins·an ⁻¹	Etangs en terre (0,4 ha) 3 cycles·an ⁻¹ 520.000 fingerlings·an ^{-1a}	Cages flottantes (5 m ³) 3 cycles·an ⁻¹ 7.200 fingerlings·an ⁻¹
Charges fixes*	10.200.000	-	13.800
Charges variables*	3.250.000	-	144.000
Total charges*	13.450.000	4.950.000 ^b	157.800
Coût unitaire/poisson*	4,3	9,5	21,9

*En F CFA 1990 (US\$1,00=250-300 F CFA).

^aDans le cadre d'une exploitation privée (pas d'amortissement).

^bY compris marge bénéficiaire.

de 22 F CFA (48 F CFA par fingerling mâle ; sexe ratio = 45 % ♂) ; en étang, le coût de production des fingerlings mâles serait de 45 F CFA hors amortissement (53 F CFA avec amortissement) selon Parrel et coll. (1986).

Coûts de production d'alevins et de juveniles de silures

Les coûts de production des fingerlings de *C. gariepinus* produits en RCA en 1984 s'établissent de la façon suivante (Tableau 4) :

- pour un fingerling de 1 g produit en éclosérie : 9,7 F CFA avec amortissement et 6,7 F CFA sans amortissement ; et

- pour un fingerling de 1-3 g produit en éclosérie, puis prégrossi en étang : 8,2 F CFA avec amortissement et 5,15 F CFA sans amortissement.

Le coût de production des alevins de *H. longifilis* (150 mg) en éclosérie (alimentation avec *Artemia* + aliment truite) est de 4 à 6 F CFA l'unité. En cages placées en étang, ce coût est de 3,6 F CFA (avec une survie de 20 %) et de 1,7 F CFA (avec une survie de 50 %). Le coût de production des fingerlings de *H. longifilis* (survie 60 %)

est de 41 F CFA l'unité (poids moyen de 45 g). Pour cette dernière espèce, les coûts ont été calculés dans des conditions expérimentales sans amortissement des investissements (Barros, 1990).

Le bilan comparé des coûts de production de tilapias et de silures est donné dans le tableau 5.

Alevinage et développement aquacole

Fonctionnement général

Les alevins destinés à l'embouche après grossissement par les pisciculteurs artisans peuvent provenir de trois sources, correspondant à trois options (Lazard et coll., 1991).

• Option 1 : de l'exploitation elle-même (autoalevinage)^c ou de piscicultures voisines ayant des alevins en excédent ou s'étant spécialisées dans la production de juveniles.

^cDix à 20 % de la superficie totale de l'exploitation piscicole doivent, dans ce cas, être consacrés à la production d'alevins et de fingerlings de *O. niloticus* (20-30 g ; taille requise pour le sexage manuel ; Lazard, 1984).

Tableau 4. Données économiques sur la production d'alevins de six jours de *Clarias gariepinus* en République centrafricaine (Janssen, 1984).

	Infrastructures d'élevage	
	Écloserie Ponte + prégrossissement 1.242.000 unités·an ⁻¹	Écloserie + étangs en terre Ponte + démarrage (6 jours) 1.242.000 unités·an ⁻¹
Charges fixes*	5.330.000	5.770.000
Charges variables*	6.740.000	4.490.000
Total charges*	12.070.000	10.260.000
Coût unitaire/ poisson*	9,7	8,2

*En F CFA, 1984 (US\$1,00=250-300 F CFA).

Tableau 5. Données économiques comparées de la production d'alevins et juvéniles de tilapias et de silures (coûts unitaires) pour : *Oreochromis niloticus* (Lazard, 1984 ; Parrel et coll., 1986 ; Parrel et coll., 1990) ; *Clarias gariepinus* (Janssen, 1984) ; et *Heterobranchus longifilis* (Barros, 1990).

Poids progéniture	<i>Oreochromis niloticus</i> ^a	Silures
150 mg		<i>Heterobranchus longifilis</i> ^b écloserie : 4 à 6 F* écloserie + cage : 1,7 à 3,6 F*
0,5-1 g (<i>Oreochromis niloticus</i>)	étang 3,7 F*	<i>Clarias gariepinus</i> ^a écloserie + étang : 5,15 F* écloserie + étang : 8,2 F**
1-3 g (<i>Clarias gariepinus</i>)	4,3 F**	
		écloserie : 6,7 F* écloserie : 9,7 F**
5 g	étang 6,5 F* 7,5 à 8 F**	
10 g	étang 10 à 12 F* étang 20 F* 24 F** cage 25 F**	
40-50 g		<i>Heterobranchus longifilis</i> ^b étang : 41 F*

F : en F CFA.

*Sans amortissement.

**Avec amortissement.

*Station de production.

- Option 2 : de stations d'alevinage. Il s'agit dans ce cas encore aujourd'hui de stations d'Etat, gérées par un projet ou par l'Administration.

- Option 3 : du milieu naturel. Le pisciculteur capture directement dans le milieu naturel (ou achète à un pêcheur) les poissons destinés à être mis en charge dans ses étangs.

Ces différentes options sont choisies et/ou varient dans le temps et l'espace en fonction de trois critères principaux :

- Espèce d'élevage : seul le tilapia se prête à un développement artisanal et décentralisé d'une pratique d'auto-alevinage (option 1) car sa production et son prégrossissement sont aisés et ne font appel à aucune technique sophistiquée. Le développement de l'aquaculture des autres espèces (Siluriformes, carpes ou autres espèces en cours de domestication) passe par une phase plus ou moins complexe de reproduction et d'élevage larvaire qui ne peut guère s'envisager, au moins dans la situation actuelle, que dans le cadre d'une station d'alevinage ou éclosérie (option 2). Ces espèces peuvent également être capturées dans le milieu naturel avec tous les aléas que l'option 3 comporte : saisonnalité, hétérogénéité des tailles, mélange d'espèces, stockage et transport après capture.

- Politique de développement (choix des pisciculteurs ?) : le mode d'alevinage, dans la mesure où il s'agit encore d'une activité largement "guidée", s'inspire en fait de la philosophie du projet (ou de l'Administration).

Certaines opérations de développement privilégient pour les tilapias l'option 1, d'autres l'option 2, voire même l'option 3. Pour ces poissons, le recours aux stations d'alevinage pose de nombreux problèmes (coûts de production élevés entraînant généralement une subvention à la vente, coûts de trans-

port, restitution partielle des recettes de vente des alevins à la station, etc.) qui se posent également pour les autres espèces mais qui, elles, n'offrent pas d'autre choix que la capture en milieu naturel ou la production en éclosérie. Cependant, pour les tilapias, lorsqu'une production massive de juvéniles est nécessaire, le recours à l'éclosérie est inévitable.

- Evolution dans le temps : les projets ayant opté pour les stations d'alevinage voient les pisciculteurs évoluer progressivement mais systématiquement vers l'auto-alevinage en tilapias. Cela s'explique à la fois par la professionnalisation de certains pisciculteurs et la faillite économique de ces stations d'alevinage.

Pour les Siluriformes (*C. gariepinus*), les rares écloséries existantes subventionnent très largement les alevins et ne survivent généralement que très mal aux projets qui leur ont donné naissance : l'offre reste ainsi très inférieure à la demande et les pisciculteurs doivent souvent avoir recours à l'option 3.

Les options 1 et 3 ont tendance à se généraliser lorsque les projets s'appuyant sur des stations d'alevinage disparaissent.

Etude de cas

TILAPIAS

La majorité des projets de développement de la pisciculture en Afrique ont conçu la station d'alevinage, notamment pour la production d'alevins de tilapias, comme une pierre angulaire de leur stratégie (Lazard et coll., 1991). C'est ainsi qu'ont été restaurées ou construites de très nombreuses stations dans différents pays (Côte d'Ivoire, RCA, Congo, Cameroun, Madagascar, Niger, etc.) ces dernières années.

L'expérience du fonctionnement de ces stations met en évidence les contraintes suivantes :

- coûts d'exploitation élevés pour des stations fonctionnant selon le modèle administratif ;
- faible niveau technique des agents responsables de ces stations induisant des productions faibles d'alevins en termes de rendement à l'unité de surface ; et
- problèmes logistiques posés pour la livraison des alevins ou des fingerlings aux pisciculteurs.

C'est ainsi qu'en RCA, du fait de problèmes liés au fonctionnement de la station de la Landjia (problème d'alimentation en eau et manque de moyens), les services chargés de la vulgarisation de la pisciculture sont amenés à acheter des alevins à certains pisciculteurs pour les revendre à d'autres.

En Côte d'Ivoire, la situation est plus complexe. La demande en alevins de tilapias auprès des stations d'alevinage du projet FAO - Eaux et Forêts diminue car les pisciculteurs tendent à produire leurs propres alevins et à les commercialiser directement entre eux. En 1989, 60 % du total des alevins de tilapias utilisés par les pisciculteurs encadrés par le projet étaient produits par les pisciculteurs eux-mêmes (directement ou vente entre pisciculteurs). Cette même année, les stations du projet produisaient 800.000 alevins dont seulement 300.000 étaient livrés aux pisciculteurs, cet écart s'expliquant notamment par l'absence de moyens pour le transport de ces alevins. Le prix de revient des alevins (3-10 g) de *O. niloticus* était de 7 F CFA l'unité et celui des fingerlings mâles (30 g) de 20 F CFA. Les prix de vente aux pisciculteurs étaient respectivement de 3 et 10 F CFA l'unité, la différence étant donc supportée par le projet.

SILURES

Outre les installations nécessaires à la réalisation des différentes étapes (écloserie avec bacs, bouteilles de Zoug ou auges d'incubation ; étangs particulièrement soignés), la reproduction de ces espèces nécessite de l'aliment de haute qualité (pour les géniteurs et les juvéniles), des hormones pour l'induction de la ponte et des aliments spécifiques pour les larves (*Artemia*, généralement).

Ces exigences sont généralement couvertes tant que le projet initiateur de l'écloserie est en cours.

Celui-ci assure en effet l'encadrement scientifique et technique pour sa bonne marche et les coûts de fonctionnement, généralement élevés, se traduisent par une subvention, généralement importante, au niveau de la vente aux pisciculteurs.

En Côte d'Ivoire, par exemple, l'examen du fonctionnement de l'écloserie de Clarias de La Loka met en évidence :

- la difficulté de résoudre le problème technique de l'alevinage et du prégrossissement (25 mg à 5 g) conduisant à un taux de mortalité très élevé : 2 % de survie entre le stade larvaire sorti de l'écloserie et les juvéniles de 5 g livrés aux pisciculteurs en 1988 (39.000 juvéniles effectivement livrés sur 1.500.000 larves produites en écloserie) ;
- le niveau élevé de subvention, avec un prix de revient de l'alevin de Clarias estimé à 15-20 F CFA et un prix de cession aux pisciculteurs de 10 F CFA ;
- le problème de formation technique du personnel, mis en évidence à l'occasion du départ d'un responsable de l'écloserie dont le remplacement est problématique ; et
- la difficulté d'approvisionnement en intrants coûteux (extraits

hypophysaires, *Artemia*) lorsque le projet s'arrête.

En RCA, la fin de différents projets de développement a induit l'arrêt de l'écloserie de Clarias de La Landjia qui ne produisait plus d'alevins de cette espèce en 1990, pour les mêmes raisons que celles exposées ci-dessus.

Au Cameroun, la station d'alevinage-écloserie de Ku-Bomé (près de Bamenda) produit des alevins de tilapias, de carpes communes et de *C. gariepinus*. L'écloserie construite en 1986 n'a jamais fonctionné (en 1991) faute de financement pour l'achèvement des infrastructures d'incubation. La reproduction des carpes et Clarias se fait donc en étangs (méthode des kakabans pour la première ; crue simulée pour la seconde). L'insuffisance de crédits rend problématique l'acquisition d'hormones pour l'induction de la ponte. En 1989, cette station a produit 20.000 alevins de carpe commune et 15.000 alevins de Clarias (commercialisés 25 F CFA pièce à un poids moyen de 12-18 g). Ce volume de production reste très inférieur à la demande d'autant que les pisciculteurs, auprès desquels ont été vulgarisées des techniques d'élevage de ces deux espèces, montrent des réticences à retourner à l'élevage du tilapia. Par ailleurs, la livraison des alevins aux pisciculteurs pose des problèmes logistiques (véhicule, carburant) non résolus.

Conclusion

La reproduction spontanée des tilapias en captivité a-t-elle constitué un véritable moteur pour le développement de l'aquaculture de ce poisson sur le continent africain ?

Outre les inconvénients liés à la sexualité des tilapias pour la production de poisson marchand (prolifération anarchique d'alevins), celle-ci implique éga-

lement un certain nombre de contraintes, liées à la faible fécondité individuelle et à l'asynchronie des pontes, pour une production massive, contrôlée et planifiée d'alevins et de fingerlings :

- superficie d'étangs importante ;
- nombre élevé de géniteurs requis ;
- gestion des géniteurs relativement complexe en vue d'optimiser en quantité et en qualité (calibrage, taux de survie, etc.) la production d'alevins ;
- bon niveau de technicité des pisciculteurs indispensable ; et
- planification relativement complexe de l'utilisation des étangs (de stockage des géniteurs, de ponte et de prégrossissement des alevins) pour un approvisionnement régulier en aval des pisciculteurs pratiquant le grossissement dans diverses structures d'élevage.

En définitive, le faible niveau de technicité apparemment requis pour l'aquaculture des tilapias a longtemps fait croire que celle-ci pouvait être l'affaire de tous, notamment pour la production d'alevins. L'alevinage a longtemps été réalisé dans les mêmes étangs que ceux destinés à la production de poisson marchand.

L'analyse des coûts de production des alevins de *O. niloticus* indique un niveau relativement élevé de prix de revient pour une production de qualité (homogène, programmée) dont il convient de tenir compte pour l'établissement des prix de cession aux aquaculteurs. La faillite des stations d'alevinage tient sans doute en grande partie à ce manquement lié à l'absence de maîtrise des coûts de production et à une technicité insuffisante. Il n'en reste pas moins que les tilapias présentent l'avantage considérable de pouvoir être produits, par les pisciculteurs, en étangs, dans le cadre d'exploitations artisanales.

Les silures, dont la production a été longtemps limitée par une faible

disponibilité en alevins peut constituer le deuxième groupe de poissons pour assurer le développement de l'aquaculture africaine. Les coûts de production des juvéniles, de *C. gariepinus* et *H. longifilis* ne diffèrent pas très sensiblement de ceux des tilapias. En outre, le niveau de technicité requis pour la mise en oeuvre de la reproduction de ces espèces de silures n'est pas supérieur à celui nécessaire pour assurer la bonne marche d'une station de production d'alevins de tilapias (programmes, calibrés et monosexes).

Littérature citée

- Barros, A. 1990. Evaluation et optimisation de l'intégralité de la filière d'élevage d'*Heterobranchus longifilis*, de la reproduction à la commercialisation. Rapport de stage au CRO d'Abidjan. Ecole nationale supérieure agronomique, Toulouse, France. 54 p. + annexes.
- Bautista, A. 1987. Tilapia hatchery and nursery systems: operation and management. Tilapia farming, p. 8-13. In R.D. Guerrero III, D.L. Guzman and C.M. Lantican (éds.) Proceedings of the First National Symposium and Workshop on Tilapia Farming. PCARRD Book Series No. 48. PCARRD, BFAR et SEAFDEC Aquaculture Department, Los Baños, Laguna.
- Broussard, M.C., Jr., R. Reyes et F. Raguindin. 1983. Evaluation of hatchery management schemes for large scale production of *Oreochromis niloticus* fingerlings in Central Luzon, Philippines, p. 414-424. In L. Fishelson et Z. Yaron (comps.) Proceedings of the First International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israël.
- Guerrero, R.D. III. 1985. Tilapia farming in the Philippines. Practices, problems and prospects, p. 3-14. In I.R. Smith, E.B. Torres et E.O. Tan (éds.) Philippine tilapia economics. ICLARM Conf. Proc. 12, 261 p.
- Guerrero, R.D. III. 1987. Tilapia farming in the Philippines. National Bookstore Inc., Manila, Philippines. 84 p.
- Henken, A., J. Boon, B. Cattel et H. Løbee. 1987. Differences in growth rate and feed utilization between male and female African catfish, *Clarias gariepinus* (Burchell 1822). Aquaculture 63:221-232.
- Hogendoorn, H. 1983. The African catfish (*Clarias lazera* C. et V., 1840). A new species for aquaculture. Agriculture University, Wageningen, Les Pays-Bas. 135 p. Thèse de doctorat.
- Hulata, G., S. Rothbard, J. Itzkovich, G. Wohlfarth et A. Halevy. 1985. Differences in hybrid fry production between two strains of the Nile tilapia. Prog. Fish-Cult. 47:42-49.
- Janssen, H. 1984. Calcul et analyse des prix de revient des fingerlings de *Clarias lazera* et de l'alimentation. Projet GCP/CAF/007/NET, note technique n° 25, Bangui, RCA. 16 p.
- Lazard, J. 1984. L'élevage du tilapia en Afrique. Données techniques sur sa pisciculture en étang. Rev. Bois For. Trop. 206(1984) : 33-50.
- Lazard, J., Y. Lecomte, B. Stomal et J.Y. Weigel. 1991. Pisciculture en Afrique subsaharienne ; situations et projets dans des pays francophones d'action. Ministère de la Coopération et du Développement, Paris, France. 155 p.
- Legendre, M. 1986. Seasonal changes in sexual maturity and fecundity, and HCG-induced breeding of the catfish *Heterobranchus longifilis* Val. (Clariidae), reared in Ébrié lagoon (Côte d'Ivoire). Aquaculture 55: 201-213.
- Legendre, M., J.M. Ecoutin, S. Hem et A. Cissé. 1990. Recherches sur les tilapias lagunaires de Côte d'Ivoire. In J. Lazard, B. Jalabert et T. Doudet (éds.) L'aquaculture des tilapias : du développement à la recherche. Cah. Sci. STFT 10:93-116.
- Legendre, M., J. Slembrouck, N. Kerdchuen et Z. Otémé. 1991. Evaluation d'une méthode extensive d'alevinage des Clariidae en cages implantées en étangs. Document ORSTOM, Montpellier. 4, 35 p. + annexes.
- Legendre, M., G.G. Teugels, C. Cauty et 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.
- Lovshin, L.L. et H.H. Ibrahim. 1987. Effects of broodstock exchange on *Tilapia nilotica* eggs and fry production in net enclosures, p. 231-236. In R.S.V. Pullin, T. Bhukaswan, K. Tonguthal et J.L. Maclean (éds.) The Second International Symposium on Tilapia in Aquaculture. ICLARM Conf. Proc. 15, 623 p.
- McBay, L.G. 1961. The biology of *Tilapia nilotica* (Linnaeus). Proc. Annu. Conf. Southeast. Assoc. Game Fish Comm. 15:208-218.
- Mélard, Ch. 1986. Les bases biologiques de l'élevage intensif du tilapia du Nil. Cah. Ethol. Appl. 3(6) :244 p.
- Mires, D. 1982. A study of the problems of the mass production of hybrid tilapia fry, p.

- 317-329: *In* R.S.V. Pullin et R.H. Lowe-McConnell (éds.) The biology and culture of tilapias. ICLARM Conf. Proc. 7, 432 p.
- 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.
- Parrel, P., I. Ali et J. Lazard. 1986. Le développement de l'aquaculture au Niger : un exemple d'élevage de *Tilapia* en zone sahélienne. Rev. Bois For. Trop. 212:71-94.
- Parrel, P., J. Lazard, Y. Lecomte et A. Litaudon. 1990. Bilan du projet de développement de l'aquaculture au Niger (phase I et phase II). 1981-1990. CTFT et DSA/CIRAD. 87 p.
- Pham, A. 1975. Données sur la production en masse d'alevins de *Clarias lazera* Val. à la station de Bouaké (Côte d'Ivoire), p. 49-57. *In* Notes Doc. Pêche Piscic. nouvelle série n° 10, CTFT, Nogent-sur-Marne, France.
- Rana, K.J. 1988. Reproductive biology and the hatchery rearing of *Tilapia* eggs and fry, p. 343-406. *In* J. Muir et R.S. Roberts (éds.) Recent advances in aquaculture. Vol. 3. Croom Helm, Londres.
- Richter, C.J.J. 1976. The African catfish, *Clarias lazera* (C. & V.), a new possibility for fish culture in tropical regions? Misc. Pap. 13:51-70. Landbouwhogeschool, Wageningen.
- Rothbard, S., E. Solnil, S. Shabbath, R. Amado et I. Grabie. 1983. The technology of mass production of hormonally sex-inversed all-male tilapias, p. 425-434. *In* L. Fishelson et Z. Yaron (comps.) Proceedings of the First International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Tel Aviv University, Tel Aviv, Israël.
- Ruwet, J.C., J. Voss, L. Hanon et J.C. Micha. 1976. Biologie et élevage du tilapia. *In* Proceedings of the FAO/CIFA Symposium on Aquaculture In Africa, Accra, Ghana. CIFA Tech. Pap. 4:332-364.