



Review Paper

<http://ajol.info/index.php/ijbcs>

<http://indexmedicus.afro.who.int>

Caractéristiques biologiques et zootechniques des tilapias africains *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) et *Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852 : une revue

Toundji Olivier AMOUSSOU^{1,2,3*}, Aboubacar TOGUYENI^{1,3}, Ibrahim IMOROU TOKO⁴,
Antoine CHIKOU⁵ et Issaka YOUSAO ABDU KARIM²

¹Unité de Recherche en Aquaculture et Biodiversité Aquatique (UR-ABAO), Institut du Développement Rural (IDR), Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso (UPB), 01 BP : 1091 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

²Laboratoire de Biotechnologie Animale et de Technologie des Viandes, Département de Production et Santé Animales (LBATV), Ecole Polytechnique d'Abomey-Calavi, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP 2009 Cotonou, Bénin.

³Centre International de Recherche-Développement sur l'élevage en zone Subhumide (CIRDES), 01 BP : 454 Bobo-Dioulasso 01, Burkina Faso.

⁴Unité de Recherche en Aquaculture et Ecotoxicologie Aquatique (URAEAQ), Faculté d'Agronomie, Université de Parakou, BP : 123, Parakou, Bénin.

⁵Laboratoire d'Hydrobiologie et d'Aquaculture (LHA), Faculté des Sciences Agronomiques, Université d'Abomey-Calavi, 01 BP : 526 Cotonou, Bénin.

*Auteur correspondant, E-mail: amssoliver@gmail.com, Tél: 00 226 66 28 92 82 / 00 229 96 55 31 64

REMERCIEMENTS

Cette synthèse a été financée par IFS (International Foundation for Science, Stockholm, Sweden) et le projet PAES/Tilapia de Union Economique et Monétaire Ouest Africaine (UEMOA). Toundji Olivier AMOUSSOU remercie le Gouvernement de France pour lui avoir accordé une bourse de Doctorat à travers le SCAC "Service de Coopération et d'Action Culturelle" de l'ambassade de France à Cotonou (Bénin). Toundji Olivier AMOUSSOU exprime également sa gratitude à l'endroit de l'Union Européenne pour lui avoir accordé une bourse complémentaire de Doctorat à travers le projet HAAGRIM (Programme de mobilité universitaire INTRA-ACP).

RESUME

A l'instar du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon melanotheron*, espèce caractéristique des estuaires et lagunes d'Afrique de l'Ouest est aussi un bon candidat pour la promotion de la tilapiaculture. Les informations fournies dans cette synthèse ont été recueillies à partir des articles scientifiques, des livres, des communications scientifiques, des mémoires et des rapports. Cet article expose les connaissances actuellement disponibles sur la biologie, la zootechnie et les facteurs influençant la croissance et la survie de ces deux espèces de tilapia. La position systématique, les exigences écologiques et la répartition géographique de ces deux espèces de tilapia ont été premièrement résumées. Les ressources alimentaires qu'elles valorisent (à savoir les planctons, les déchets agricoles et d'animaux, ...) ainsi que leurs besoins nutritionnels et les facteurs influençant la prise alimentaire ont été ensuite exposés. Les schémas comportementaux et les facteurs associés à la reproduction et aux soins parentaux prodigués aux œufs ont été présentés. Les caractéristiques morphologiques et les facteurs influençant leur croissance ont été également inventoriés. Enfin, les potentialités écologiques, zootechniques et économiques des tilapias ont été présentées.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

Mots clés: pisciculture, croissance, alimentation, amélioration génétique.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

DOI : <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v10i4.35>

2763-IJBCS

Biological and zootechnical characteristics of African tilapias *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) and *Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852: a review

ABSTRACT

Like the Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, *Sarotherodon melanotheron*, a typical species found in West African estuaries and lagoons, is also a good candidate for promoting tilapia farming. The information provided in this review was collected from scientific articles, books, proceedings, thesis and reports. This review presents the current knowledge on the biology, production and factors influencing the growth and survival of these two tilapia species. Their systematic positions, ecological requirements and distributions were first summarized. The food resources that they depend on (plankton, agricultural and animal wastes, ...) as well as their nutritional needs and factors influencing their food intake are then exposited. Also, their behavioral patterns and morphological features are presented. Factors influencing their growth, reproduction and parental care for eggs are also documented. Finally, the ecological, zootechnical and economic potentials of these two tilapia species were presented.

© 2016 International Formulae Group. All rights reserved.

Keywords: Fish farming, growth, feeding, genetic improvement.

INTRODUCTION

Depuis quelques années, les tilapias constituent les espèces prédominantes de la pisciculture commerciale africaine (FAO, 2012, 2014). Ils ont une grande importance économique et écologique sur les plans et cours d'eau d'Afrique (Ahouansou-Montcho et Laleye, 2008; Adebo et Alfred, 2008; Sirima et al., 2009; Tanoh Kamelan et al., 2013). Ils représentent également les espèces les plus élevées et les plus appréciées par les pisciculteurs et les consommateurs (Ouattara et al., 2009; Toguyeni et al., 2009). Ils sont exploités aussi bien par la pêche que par l'aquaculture et représentent une proportion importante de la faune ichthyologique des grandes retenues africaines (Lorenzen, 2000; Lazard, 2009). Parmi ces espèces de tilapias, *Oreochromis niloticus* est la plus connue et la plus utilisée car ayant fait l'objet d'immenses programmes de recherche et de vulgarisation en Afrique et dans le monde entier. Cette espèce a été longtemps présentée comme la pierre précieuse de la pisciculture africaine au regard de sa demande élevée sur le marché, de la facilité de sa reproduction, de son élevage, de sa croissance élevée et surtout de son régime alimentaire relativement plastique

(Lazard, 2009). Ces caractéristiques lui valurent son introduction dans plusieurs pays africains en dehors de ses aires naturelles de répartition (Vitule et al., 2009; Lazard et Levêque, 2009; Lazard, 2013).

Malgré les informations scientifiques disponibles sur tous les aspects de leur élevage et les nombreux programmes nationaux de développement de leur pisciculture, les souches introduites de *Oreochromis niloticus* n'ont toujours pas montré une avancée notable de la filière aquacole. Dès lors, il paraît essentiel d'évaluer les potentialités pour l'élevage des individus non seulement de *Oreochromis niloticus* mais aussi celles de *Sarotherodon melanotheron*. Ces deux espèces s'adaptent aussi bien aux milieux d'eaux douces qu'aux milieux saumâtres (Gbaï et al., 2014; Mashai et al., 2016). Elles présentent une croissance rapide et une reproduction facile (Ouattara et al., 2009). Cependant, quoiqu'il existe des contraintes qui limitent le développement de leur élevage (survie, nutrition, alimentation, programmes de sélection, etc.), la masse d'informations disponibles sur leurs biologies et croissances reste peu exploitée par les développeurs.

Cette synthèse vise à établir l'inventaire des connaissances actuelles sur la diversité biologique, zootechnique et morphologique des deux espèces de tilapias *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon melanotheron*. Les informations générales fournies ont été établies à partir de la revue de littérature. La prise en compte des recommandations fournies dans cet article dans les politiques de développement de l'aquaculture favoriserait un essor plus spectaculaire de ce secteur.

SYSTEMATIQUE

La sous-famille des tilapias appartient à la famille des Cichlidae et comprend une centaine d'espèces regroupées en trois genres: *Oreochromis*, *Sarotherodon* et *Tilapia* qui se différencient notamment par leur comportement reproducteur et leur régime alimentaire. De ces trois genres, deux espèces font aujourd'hui l'objet d'élevage à une échelle significative : *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon melanotheron* ainsi que leurs hybrides (Toguyeni, 2004; Bamba et al., 2008; Lazard, 2009; Toguyeni et al., 2009; Cnaani et Hulata, 2011; FAO, 2014). La classification systématique de *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon melanotheron* (Figures 1) proposée par Paugy et al. (2004) est dans le Tableau 1.

EXIGENCES ECOLOGIQUES

Oreochromis niloticus est une espèce relativement eurytope. Elle peut s'adapter à une large variation des facteurs écologiques du milieu aquatique et peut coloniser des milieux extrêmement variés (Tableau 2). Dans son habitat naturel, cette espèce peut supporter des températures comprises entre 14 et 31 °C mais des conditions extrêmes des températures de 7 à 41 °C pendant plusieurs heures. Toutefois, les meilleures performances de croissance sont observées entre 24 et 28 °C (Lacroix, 2004). L'optimum d'élevage est compris entre 28 et 32 °C pour *Oreochromis niloticus* (Lazard, 2009). Elle peut survivre dans des eaux dont la salinité est proche de

11,5 g/l (Mashai et al., 2016) et dont le pH varie de 8 à 11 (Lacroix, 2004). Cette espèce peut survivre durant plusieurs heures à des teneurs en oxygène dissous très faibles, de l'ordre de 0,1 mg/l (Lacroix, 2004).

Le tilapia *Sarotherodon melanotheron*, caractéristique des écosystèmes estuariens ouest africains, présente une tolérance à des milieux très divers, qui pourrait s'expliquer par des caractéristiques physiologiques originales, lui permettant d'importantes facultés adaptatives (Ouattara, 2009). Cette espèce est eurytherme avec un préférendum thermique se situant entre 17 et 32 °C (Jennings et Williams, 1993). A une température supérieure à 23 °C il se reproduit en permanence à une fréquence de 15 jours (Gilles, 2005). De même, elle tolère de faibles niveaux d'oxygène dissous et ne rencontre pas de difficultés métaboliques particulières si taux d'oxygène dissous dans l'eau n'est pas inférieur à 3 mg/l (Ouattara et al., 2003). Toutefois, certaines réductions de performances apparaissent en dessous de 2,3 mg/l d'oxygène dissous (Ross, 2000). *Sarotherodon melanotheron* peut supporter de grandes variations du pH (3,5 à 7,6) (Ouattara et al., 2003). Elle présente également une forte tolérance à la turbidité et à la pollution de l'eau (Jennings et Williams, 1993). Elle est aussi caractérisée par sa forte euryhalinité (Lemarié et al., 2004; Panfili et al., 2004; Panfili et al., 2006; Ouattara et al., 2009) qui lui permet de survivre à des salinités supérieures à 0,3 mg/l (Chikou et al., 2013). Sa gamme de tolérance à la salinité va de 0 à 110 g/l (Gilles, 2005). Elle supporte également des variations saisonnières de la salinité de son milieu avec des amplitudes pouvant aller jusqu'à 130 g/l (Panfili et al., 2004; Diouf et al., 2006).

HABITAT ET DISTRIBUTION

Oreochromis niloticus a une répartition originelle strictement africaine couvrant les bassins du Nil, du Tchad, du Niger, de la Volta et du Graben Est africain jusqu'au lac Tanganyika (Lévêque et Paugy,

2006). En Afrique de l'Ouest, la répartition géographique naturelle de *Oreochromis niloticus* couvre les bassins du Sénégal, de la Gambie, de la Volta, du Niger, de la Bénoué et du Tchad (Figure 2). Vu son intérêt piscicole, *Oreochromis niloticus* figure parmi les espèces les plus importantes en pisciculture africaine (Lazard 2007, 2009; Ansah et al., 2014). Cette espèce a été introduite dans différentes stations de pisciculture d'où elle s'échappe régulièrement (Lazard 2007; Lazard et Levêque, 2009; Lazard, 2013). C'est pourquoi, elle est souvent signalée dans plusieurs bassins côtiers d'Afrique de l'Ouest (Paugy et al., 2004).

Espèce endémique de l'Afrique de l'Ouest (Adépo-Gourène et Gourène, 2008), *Sarotherodon melanotheron* est présente de l'estuaire du fleuve Sénégal jusqu'à celui du fleuve Congo. Généralement trouvée dans les eaux saumâtres des lagunes ou des estuaires, elle est abondante dans les zones de mangrove en Afrique de l'Ouest (Paugy et al., 2004; Fagnon et al., 2013). Quelques fois, des individus sont retrouvés en mer notamment le long de la côte sénégalaise ou en eau douce (Ouattara, 2009). Elle peut migrer d'un estuaire à un autre précisément durant les marées hautes (Panfili et al., 2004). En dehors de son aire d'origine, *Sarotherodon melanotheron* a été introduite dans plusieurs pays d'Asie, d'Amérique du Nord et d'Europe.

REGIME ALIMENTAIRE ET NUTRITIONNELS

Chez les tilapias, l'activité de nourrissage et la prise alimentaire sont fortement influencé par les facteurs environnementaux tels que l'oxygène dissous, la température, la lumière et la disponibilité alimentaire (Kestemont et Baras, 2001; Madrid et al., 2001; Houlihan et al., 2001). L'alimentation de *Oreochromis niloticus* en milieu naturel est essentiellement constituée de phytoplancton (Huchette et Beveridge, 2003; Ouattara et al., 2009; Avit et al., 2012). L'espèce peut aussi ingérer des sédiments riches en bactéries et diatomées surtout à

l'étape d'alevin (0 à 5 g) (Lacroix, 2004). En milieu artificiel, elle est pratiquement omnivore valorisant divers déchets agricoles (tourteaux d'oléagineux, drèches de brasserie, farine de tomate, etc.) (Ouedraogo, 2000; Azaza et al., 2006; Ble et al., 2011; Bamba et al., 2015). Elle peut aussi tirer profit des excréments de porc ou de volailles, de déchets ménagers, etc. (Mikolasek et al., 2009; Ipungu et al., 2015). En élevage, cette espèce accepte facilement des aliments composés (Lazard, 2009). Son acidité gastrique particulièrement forte lui permet d'être parmi les rares espèces à pouvoir digérer les cyanophycées (Iga-Iga, 2008). Cette capacité d'adaptation à divers aliments est à la base de sa haute potentialité pour la pisciculture.

Sarotherodon melanotheron est caractérisée par un régime alimentaire opportuniste (Ofori-Danson et Kumi, 2009; Arizi et al., 2014) qui lui permet de changer d'aliments en fonction des conditions environnementales (Koné et Teugels, 1999). Les juvéniles se nourrissent de zooplancton tandis les adultes, à tendance herbivore, se nourrissent de macrophytes, necton, phytoplancton et de bactéries du sédiment (Gilles 2005; Ofori-Danson et Kumi, 2009). En aval des estuaires (riche en détritux), elle est essentiellement zoo-benthophage où elle se nourrit de périphyton (invertébrés benthiques fixés sur les racines de palétuviers) en l'occurrence des gastéropodes, des ostracodes, des siphonophores et des ascidies (Koné et Teugels, 2003; Ble et al., 2006; Gning Cisse, 2008; Gilles et al., 2008). En amont où la mangrove est absente, *Sarotherodon melanotheron* se nourrit de dépôts sédimentaires composés de vase, de détritux et de quelques ostracodes (Gning Cisse, 2008).

En aquaculture intensive des tilapia, le poste alimentation représente une part importante du coût de la production (Bamba et al., 2008; Elegbe et al., 2015). L'intérêt économique de ce type d'élevage est donc très dépendant de la disponibilité et du coût des aliments (Azaza et al., 2005). Le tilapia requièrent au moins 30% de protéines dans

leur ration alimentaire (Médale et Kaushik, 2009). La farine de poissons et le tourteau de soja sont les composantes principales des aliments standards pour l'élevage des tilapias (Azaza et al., 2005). Ils sont riches en macronutriments indispensables, mais leurs prix d'achat élevés ne rendent leur utilisation possible que dans le cas d'une production aquacole à haute valeur ajoutée. Dès lors, les aquaculteurs ont recours aux protéines d'origine végétale en remplacement de la farine de poisson et qui fournissent aux poissons, l'ensemble des éléments requis pour leur croissance et leur survie (Cahu, 2004; Bamba et al., 2007). Parmi les besoins nutritionnels, la connaissance de ceux en protéines et en énergie a un rôle majeur dans la production du tilapia (Moreau et al., 2001). Chez les tilapias, les besoins en protéines sont de 35% de la matière sèche de l'aliment tandis que ceux en acides gras essentiels (18: 2n-6) sont à environ 1% de la ration (Cahu, 2004). Les besoins en énergie sont compris entre 1,507 et 1,632 MJ pour un individu de 100g (Luquet et Moreau, 1989).

REPRODUCTION

Les schémas comportementaux associés à la reproduction et aux soins parentaux prodigués aux œufs et aux alevins différencient nettement *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon melanotheron* et constituent plus généralement un des critères distinctifs entre les genres *Oreochromis*, *Sarotherodon* et *Tilapia* (Duponchelle et al., 2000; Paugy et al., 2004).

En conditions optimales dans les milieux naturels, les femelles de *Oreochromis niloticus* commencent à se reproduire vers l'âge de 5 à 10 mois (Duponchelle et Panfili, 1998). La reproduction a lieu chez *Oreochromis niloticus* lorsque la température est comprise entre 28 et 32 °C (Lazard, 2009). Pour se reproduire, les mâles se réunissent sur une zone de nidification à faible profondeur et sur un substrat meuble (gravier, sable, argile, etc.). Chaque mâle délimite et défend un territoire, y aménage un nid où il tentera

d'attirer et de retenir une femelle mature et prête à pondre (Lacroix, 2004). Après une parade de synchronisation sexuelle, la femelle dépose un lot d'ovules qui sont fécondés immédiatement par le mâle. Les ovules fécondés sont ensuite repris en bouche par la femelle pour incubation (Lacroix, 2004). La fécondité d'une femelle de tilapia est relativement faible et très variable en fonction du poids, des saisons, de la photopériode et de la concentration en chlorophylle a (Campos-Mendoza et al., 2004; Peterson et al., 2004; Peña-Mendoza et al., 2005). Une femelle pesant 100 g peut pondre environ 100 œufs, alors que celle de 600 à 1000 g en pond 1 000 à 1 500 (Van Eer et al., 2004). Après incubation, les œufs vont éclore dans la bouche de la femelle 4 à 5 jours après la fécondation. La vésicule vitelline est complètement résorbée à l'âge de 11 à 18 jours post-fécondation. Toutefois, la durée de cette phase dépend principalement de la température de l'eau (Mélard, 2014a). Dès que la vésicule vitelline est résorbée et que les alevins sont capables de prendre de la nourriture exogène, la femelle laisse s'échapper de la bouche un nuage d'alevins qui s'orientent par rapport à la mère et se réfugie dans sa bouche au moindre danger et à l'appel de ses mouvements (Ouedraogo, 2000; Lacroix, 2004). Lorsque les alevins atteignent une taille de 9 à 10 mm, ils quittent définitivement leur mère, celle-ci les libère en eau peu profonde (sur les bords) où ils s'organisent en banc et continuent leur croissance (Lacroix, 2004). La reproduction de *Oreochromis niloticus* est très influencée par le stress, le changement de température et les corticostéroïdes (Gennotte et al., 2012b). Cependant, elle peut se reproduire en captivité sans stimulation hormonale. En conditions d'élevage, il peut y avoir un cannibalisme des gros alevins sur les petits à partir d'une différence d'âges de 3 à 4 semaines si la reproduction n'est pas bien contrôlée (Lazard et Legendre, 1996). Une femelle en bonnes conditions peut se reproduire avec une périodicité de 30 à 50 jours (Coward et

Bromage, 2000). Une même femelle peut effectuer jusqu'à 10 pontes par an (Peña-Mendoza et al., 2005). La période la plus productive des géniteurs se maintient pendant les 12 premiers mois d'activité sexuelle (Peterson et al., 2004). Cette prolificité conduit à la production d'individus de performances médiocres. Pour y remédier, des individus monosexes mâles sont produits par traitement hormonal masculinisant pendant la période de différenciation sexuelle (Gennotte et al., 2012a).

Sarotherodon melanotheron est un incubateur buccal biparental qui se reproduit tout au long de l'année malgré les conditions sévères des estuariens et lagunes d'Afrique de l'Ouest (Ouattara, 2009). La formation de couples reproducteurs est stable avec séduction et construction des nids initiées par la femelle. L'importance de la ponte est liée à la taille des géniteurs et notamment au volume de la cavité buccale du mâle. L'efficacité de l'incubation buccale chez *Sarotherodon melanotheron* est optimale lorsqu'une femelle s'accouple avec un partenaire de taille supérieure (Hem et al., 1994). Les mâles atteignent la maturité sexuelle rapidement que les femelles (Koné et Teugels, 1999). Les femelles mûres (6 à 8 mois) en milieu contrôlé ont une taille inférieure à 140 mm par rapport aux femelles du milieu naturel (176 mm) (Panfili et al., 2004). Toutefois, la taille de première maturité peut être réduite lorsque les conditions de milieu deviennent extrêmes: pollution (Lévêque et Paugy, 2006). La fréquence moyenne de ponte et la période moyenne d'incubation sont de 14 jours (Lazard et Legendre, 1996). En milieu naturel, la reproduction se fait toute l'année mais s'arrête en dessous de 20 à 23 °C (Hem et al., 1994). Les œufs sont de teinte jaune ocre et légèrement piriforme (en forme de poires) et atteignent 3 mm de diamètre. Les alevins à l'éclosion mesurent 5 mm de long et 9 mm lorsque la vésicule vitelline est résorbée. L'alevin pèse environ 30 mg à la première prise de nourriture (Lacroix, 2004). Les géniteurs pratiquent une forte garde parentale

(Arizi et al., 2014). Les femelles défendent agressivement les sites de nidification alors que les mâles ont la bouche en incubation (Jennings et Williams, 1993) avec généralement une bouche distendue et un corps efflanqué. Les femelles sont souvent écartées de la garde parentale afin d'accélérer leurs propres activités de reproduction. L'éclosion des œufs a lieu dans la cavité buccale et ce n'est qu'après une résorption complète de la vésicule vitelline que ce comportement de protection parentale prend fin (Hem et al., 1994; Koné et Teugels, 1999).

CARACTERISTIQUES MORPHOLOGIQUES

Les Cichlidae appartiennent à l'ordre des Perciformes constitués de 150 familles (Nelson, 2006). Cette famille est caractérisée par la présence d'une seule narine de chaque côté de la tête. Le corps de forme variable, mais jamais très allongé, est plus ou moins comprimé et recouvert d'écailles cycloïdes ou cténoïdes (Lévêque et al., 1990; Lévêque et al., 1992; Paugy et al., 2004). Toutes les nageoires (dorsale, anale, pectorale, pelvienne) sont présentes. Les os pharyngiens inférieurs, unis l'un à l'autre forment un triangle denté (Lévêque et al., 1992). Paugy et al. (2004) en se basant sur des caractères morphométriques, méristiques et comportementaux, ont décomposé la famille des Cichlidae en 14 genres parmi lesquels on trouve les genres *Tilapia*, *Oreochromis* et *Sarotherodon* communément appelés les tilapias.

Le genre *Tilapia* renferme les espèces qui collent leurs œufs sur un substrat, les surveillent jusqu'à l'éclosion (Lévêque et al., 1994) et pratiquent une garde biparentale des œufs. Ces espèces ont au maximum 17 branchiospines sur la partie inférieure du premier arc branchial (Paugy et al., 2004). L'os pharyngien inférieur aussi long que large, avec la partie antérieure pas plus longue que la partie dentée (Lévêque et al., 1992). Elles sont souvent macrophytophages. Le genre *Oreochromis* est composé d'espèces à

incubation buccale avec garde uniparentale maternelle. Les espèces possèdent 18 à 26 branchiospines longues et fines sur la partie inférieure du premier arc branchial (Paugy et al., 2004). Elles sont planctonophages avec un os pharyngien inférieur plus long que large ayant une partie antérieure plus longue que la partie dentée (Paugy et al., 2004). Le genre *Sarotherodon* regroupe les espèces qui pratiquent l'incubation buccale avec garde biparentale ou paternelle. Elles possèdent 12 à 27 branchiospines sur la partie inférieure du premier arc branchial (Paugy et al., 2004). Les espèces appartenant au genre *Sarotherodon* sont aussi planctonophages (Lévêque et al., 1994) avec la mâchoire et l'os pharyngien inférieur garnis de dents fines (Paugy et al., 2004).

Oreochromis niloticus est facilement reconnaissable grâce aux rayures verticales régulières noires qui existent sur la nageoire caudale (Paugy et al., 2004). Sa nageoire dorsale, grisâtre et formée d'une seule pièce et comprend une partie épineuse présentant 15 à 18 épines et une partie molle comptant 12 à 14 rayons souples (Lévêque et al., 1992; Ouedraogo, 2000). D'après Lévêque et al. (1992), la ligne latérale, qui est un organe sensoriel, est discontinue chez cette espèce, donnant ainsi une ligne latérale supérieure avec 21 à 24 écailles et une ligne latérale inférieure avec 10 écailles. Ces écailles sont uniquement cycloïdes (Lévêque et al., 1992). Les tilapias du Nil ont généralement une teinte grisâtre mais relativement foncée chez l'adulte. Le dos est vert-olive; les flancs sont plus pâles avec six à neuf bandes transversales peu apparentes; le ventre et la lèvre inférieure sont blanchâtres. La lèvre supérieure est vert-pâle ou blanche tandis que la lèvre inférieure est blanche (Paugy et al., 2004). Les nageoires dorsale et anale sont grisâtres, parfois avec un liseré rouge très mince. Les nageoires pelviennes sont grises; les pectorales sont transparentes. *Oreochromis niloticus* possède 19 à 26 branchiospines sur la partie inférieure du premier arc branchial (Lévêque et al., 1992; Paugy et al., 2004). Il existe chez

Oreochromis niloticus, un dimorphisme sexuel qui se remarque au niveau de la papille génitale. Cette dernière est allongée chez le mâle alors que chez la femelle, elle est forte courte et présente à son milieu une fente transversale (oviducte). Ce dimorphisme sexuel rends très facile le sexage qui n'est applicable qu'à des poissons de 20 à 50 g (Lévêque et Paugy, 2006). Les mâles matures ont la gorge, le ventre et les nageoires impaires teintés de noir (Paugy et al., 2004).

Chez *Sarotherodon melanotheron*, l'opercule de la femelle mature est transparente et le rouge des branchies en dessous lui donne une apparence pourpre (Lévêque et al., 1992). La papille génitale du mâle qui est petite; l'os pharyngien inférieur qui est plus long que large et sa partie dentée qui est plus courte que la partie antérieure. Les dents pharyngiennes postérieures qui sont bicuspidées ou dont la cuspide inférieure est réduite ou sans cuspide nette. L'os pharyngien inférieur est long et étroit, avec la partie antérieure faisant 1,2 à 2,2 fois la longueur médiane de la partie dentée (Paugy et al., 2004). La lèvre inférieure est pâle, souvent blanche chez les mâles matures (Lévêque et al., 1992). Elle se différencie des autres par la présence de taches noires sur la tête et le corps. *Sarotherodon melanotheron* comprend trois sous-espèces: *Sarotherodon melanotheron heudelotti* (Dumeril, 1859) retrouvée depuis les côtes du Sénégal jusqu'en Guinée, *Sarotherodon melanotheron leonensis* (Thys van den Audenaerde, 1971) retrouvée depuis la Sierra Leone jusqu'à l'Ouest du Libéria et *Sarotherodon melanotheron melanotheron* Rüppell, 1852 rencontrée de la Côte d'Ivoire jusqu'au Bénin (Falk et al., 2003).

CROISSANCE

La croissance des tilapias varie d'une espèce à une autre et d'une population à une autre. Cette variation est liée à la souche utilisée, la disponibilité alimentaire (qualité et quantité), la structure démographique des populations, la sélectivité des captures et/ou

de la prédation, l'étendue du plan d'eau et les variables environnementales (température, salinité, etc.) (Boyd et Tucker, 1998; Lazard, 2009; Ouattara et al., 2009).

Le tilapia *Oreochromis niloticus* est connu pour sa croissance rapide et son indice de croissance plus performant que ceux des autres espèces de tilapia (Frimpong et al., 2014). La vitesse de croissance de ce poisson est extrêmement variable d'un milieu à l'autre, ce qui signifie que la taille maximale est plus dépendante des conditions environnementales que d'éventuelles différences génétiques (Toguyeni, 1996; Trintignac et al., 2013). Ainsi, *Oreochromis niloticus* grandit plus vite dans le lac Albert (R.D. Congo) à raison de 34 cm à 4 ans, que dans le lac Tchad avec 26 cm à 4 ans ou le lac Mariout en Egypte avec 24 cm à 4 ans (Moreau, 1979). En milieu contrôlé, le gain de poids dépend de la densité de mise en charge, l'état physiologique, la souche et l'origine du tilapia (Mensah et al., 2014). Pour 10 individus/m² et 13 individus/m², les gains de poids respectifs variant de 40,24±7,64 g à 54,03±7,76 g et 36,65±5,73 g à 46,11±5,87 g ont été enregistrés (Bamba et al., 2008). De plus, des gains de poids de 25,79±1,54 g et 33,43±2,47 g ont été observés respectivement en trous à poissons et en cages (Amoussou et al., 2014). Des gains de poids moyen de 11,19 ± 0,41 g et de 11,04± 0,05g ont été obtenus en 4 mois respectivement en rizipisciculture et en pisciculture (Avit et al., 2012). Une autre grande caractéristique de *Oreochromis niloticus* concerne son dimorphisme sexuel de croissance. A maturité, les individus mâles présentent une croissance nettement plus rapide que les femelles et atteignent une taille nettement supérieure (Toguyeni et al., 2002, 2009). Après 91 jours d'élevage en bassins fertilisés, Owusu-Frimpong et al. (2005) enregistrent des taux de croissance spécifique égaux à 2,77±0,09%/jour et 2,38 ± 0,05%/jour respectivement pour les mâles et femelles de *Oreochromis niloticus*. Par ailleurs, en améliorant la production d'aliments naturel dans le milieu d'élevage, la

croissance du tilapia peut s'accélérer à coûts réduits (Sakr et al., 2015). La durée de vie de *Oreochromis niloticus* est relativement courte (4 à 7 ans) (Ipungu et al., 2015) avec les mâles et les femelles atteignant respectivement un poids de 2 kg pour 38 cm et 950 g pour 28 cm.

Quant à *Sarotherodon melanotheron*, elle présente une croissance discontinue caractérisée par une succession de périodes de croissance lente et d'autres de croissance rapide (Gilles, 2005). En milieu lagunaire, l'élevage intensif en cages flottantes de *Sarotherodon melanotheron* a montré des performances plus faibles par rapport aux acadja. En milieu naturel, la croissance de *Sarotherodon melanotheron* est lente, conséquence de l'influence de la température combinée à celle de la salinité (leurs variations brusques qui modifient le métabolisme du poisson provoquant ainsi la baisse de consommation d'aliment naturel) (Ouattara et al., 2009). Toutefois, le système d'élevage semble avoir plus d'effet sur la croissance que le milieu d'élevage. En Côte d'Ivoire, la croissance enregistrée en eau douce pour *Sarotherodon melanotheron* en cages flottantes (0,42±0,00 g/j) (Ouattara et al., 2005) est supérieure à celle enregistrée en eau lagunaire (0,38 g/j) (Gbaï et al., 2014). En bassins en béton, ces valeurs sont de 0,19±0,01 g/j en eau douce et 0,21 g/j en eau saumâtre (Gilles, 1994). Dans des bassins en béton alimentés en eau saumâtre, Gilles (1994) montre que la croissance de *Sarotherodon melanotheron heudelotii* (sous-espèce provenant du Sénégal) est supérieure (0,66 g/j) à celles de *Sarotherodon melanotheron melanotheron* (sous-espèce provenant de la Côte d'Ivoire : 0,21 g/j) et de *Sarotherodon melanotheron nigripinnis* (sous-espèce provenant du Congo : 0,19 g/j). Des trois structures d'élevage testées par Ouattara et al. (2005), les étangs en terre se sont révélés plus intéressants (0,47±0,02 g/j) que les cages flottantes (0,42±0,00 g/j) et les bassins en béton (0,19±0,01 g/j). Il est donc possible que l'aménagement des étangs donne des productions intéressantes de *Sarotherodon*

melanotheron melanotheron ou même de *Sarotherodon melanotheron heudelotii* qui est la plus performante des sous-espèces. Le mâle de *Sarotherodon melanotheron* croit moins vite que la femelle en élevage mixte alors qu'on observe le contraire en élevage mono sexe (Ouattara et al., 2009).

Toute variation dans le régime de température peut entraîner une différence de croissance chez les poissons (Halvorsen et Svenning, 2000). L'augmentation de la température de l'eau d'élevage de 22,7 à 30,7 °C et la diminution de la teneur en oxygène dissous de l'eau ont des effets inverses sur la croissance de *Oreochromis niloticus*. Pour cette espèce, une exposition chronique à des stressseurs entraîne une diminution des performances de croissance, de reproduction et de résistance aux maladies (Mélard, 2014b). Chez *Oreochromis aureus*, la croissance journalière est plus importante à 35 °C qu'à 27 °C (Baras et al., 2000). Chez *Sarotherodon melanotheron*, certaines réductions de performances apparaissent en dessous de 2,3 mg/l d'oxygène dissous et à des valeurs de pH inférieures à 6 (Ross, 2000).

IMPORTANCE DES TILAPIAS

Le poisson représente dans de nombreux pays en développement une source importante de protéines de bonne qualité alimentaire et d'un prix modéré. Les pays ouest africains se partagent entre eux plusieurs espèces de tilapias d'intérêt aquacole (www.fishbase.org). Cependant, quelques-unes seulement présentent des potentialités remarquables aussi bien sur le plan écologique, zootechnique qu'économique. Il s'agit principalement de Cichlidae, de Clariidae, de Claroteidae et d'Osteoglossidae. En particulier, les espèces du groupe des tilapias, famille des Cichlidae, des genres *Oreochromis*, *Sarotherodon* et *Tilapia* font l'objet d'une pisciculture importante dans les pays du Sud (Asie, Amérique Latine, et Afrique d'où ils sont originaires), mais aussi dans certains pays du Nord (États-Unis et quelques pays d'Europe) (Fitzsimmons, 2000).

Deux principales espèces ainsi que leurs hybrides font aujourd'hui l'objet d'élevage à une échelle significative: *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon melanotheron* (Toguyeni, 2004; Bamba et al., 2008; Lazard, 2009; Toguyeni et al., 2009; Cnaani et Hulata, 2011; FAO, 2014).

Les tilapias présentent de nombreux avantages qui expliquent leur succès en aquaculture. Tout d'abord, leur régime alimentaire opportuniste permet des apports alimentaires appropriés à tous les degrés d'intensification, y compris une simple fertilisation organique/minérale des étangs (Lacroix, 2004; Lazard, 2009). Le poste «nourriture» qui représente souvent près de la moitié des coûts d'élevage, peut donc être extrêmement réduit, en particulier en élevage extensif (Lacroix, 2004). Par ailleurs, leurs caractéristiques biologiques (reproduction continue, comportement parental très développé avec incubation buccale des œufs et alevins, ...) permettent une reproduction aisée en élevage (Lazard et Legendre 1996; Koné et Teugels, 1999; Lacroix, 2004; Panfili et al., 2004). Paradoxalement, l'efficacité de reproduction de ces espèces peut même conduire à des problèmes de nanisme dans les populations d'élevage, du fait d'une grande précocité de la maturité sexuelle, c'est pourquoi l'élevage en populations monosexes mâles (les mâles grossissant généralement plus vite que les femelles) est systématiquement recherché (Legendre et Lévêque, 1996; Lazard, 2009; Gbaï et al., 2014).

Selon les statistiques mondiales de la pêche et de l'aquaculture (FAOSTAT, 2013), les Cichlidae dont les tilapias occupent le deuxième rang après les Cyprinidés avec un taux d'accroissement annuel de 10,9% entre 2002 et 2004 (Josupeit, 2004). Leur production par l'aquaculture et la pêche (Figure 3) est estimée à environ 27 millions de tonnes en 2011 dont plus de 80% proviendrait d'aquaculture (FAOSTAT, 2013). La production des tilapias est devenue le type d'aquaculture la plus pratiquée en Afrique de

nos jours (FAO, 2012, 2014). *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon melanotheron* sont les espèces de tilapia les plus utilisées en pisciculture en eaux douce et saumâtre (Gourène et al., 1999; Ouattara et al., 2003; Toguyeni, 2004; Ouattara et al., 2009). La production des tilapias a une grande importance économique et écologique dans les pays africains (Adebo et Alfred, 2008). Elle est la principale source de revenus pour les pisciculteurs (ADB, 2005). Leur production

est estimée à plus de 9,2 millions de tonnes en 2030 (FAO, 2014). *Sarotherodon melanotheron* est autochtone d'Afrique occidentale; ayant un intérêt particulier pour le développement de la pisciculture dans les régions côtières ou régions à salinité variable. Elle est détritivore et présente une croissance faible par rapport au tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus* d'où l'introduction de ce dernier dans nombreux pays.

Tableau 1: Position systématique de *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon melanotheron* (Paugy et al., 2004).

Classe :	Actinopterygii	
Sous -classe :	Neopterygii	
Division :	Teleostei	
Super ordre :	Acanthopterygii	
Ordre :	Perciformes	
Famille :	Cichlidae	
Genre :	<i>Oreochromis</i>	<i>Sarotherodon</i>
Espèce :	<i>niloticus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>melanotheron</i>
Sous - espèce :		<i>Melanotheron</i> Rüppell, 1852

Tableau 2: Comparaison de la tolérance de *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon melanotheron* par rapport aux paramètres physico-chimiques classiques l'eau.

Paramètres physico-chimiques	<i>Oreochromis niloticus</i>	<i>Sarotherodon melanotheron</i>	Sources
O ₂ dissous minimum (mg/l)	>3,2	3	Tran-Duy et al. (2008) Ouattara et al. (2003)
pH	6,5 et 9	3,5 - 7,6	Kanangire (2001) Ouattara et al. (2003)
Température (°C)	28 à 32	17 - 32	Lazard (2009) Jennings et Williams (1993)
Salinité	<30‰	0 à 110 g/l	Lacroix (2004) Gilles (2005)
Transparence (cm)	0,35 - 67,73	0,35 - 67,73	Chikou et al. (2013)
TDS (ppm)	-	0,35 - 9,74	Chikou et al. (2013)



Figure 1: *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) (à gauche) et *Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852 (à droite).

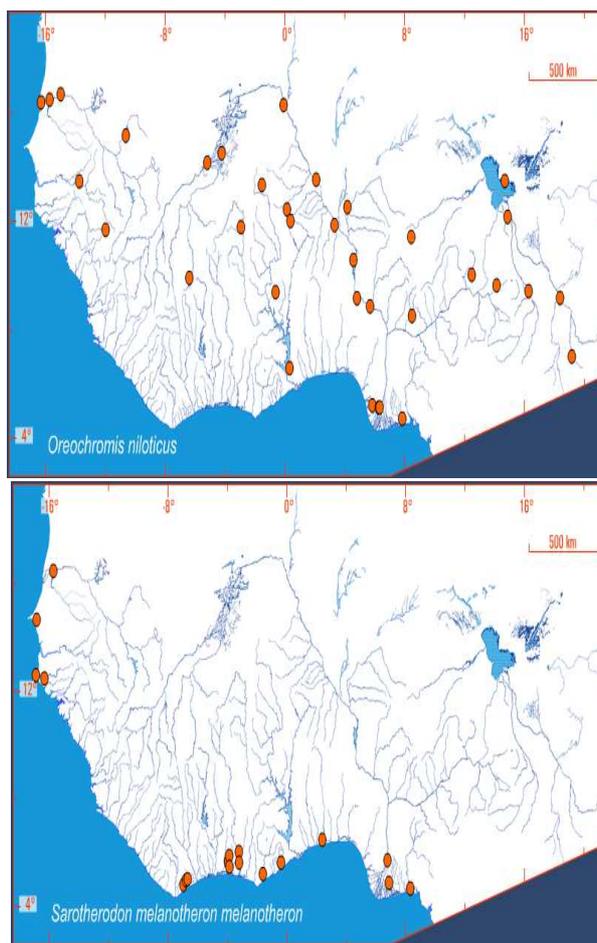


Figure 2 : Répartition géographique de *Oreochromis niloticus* et de *Sarotherodon melanotheron melanotheron* (Paugy et al., 2004).

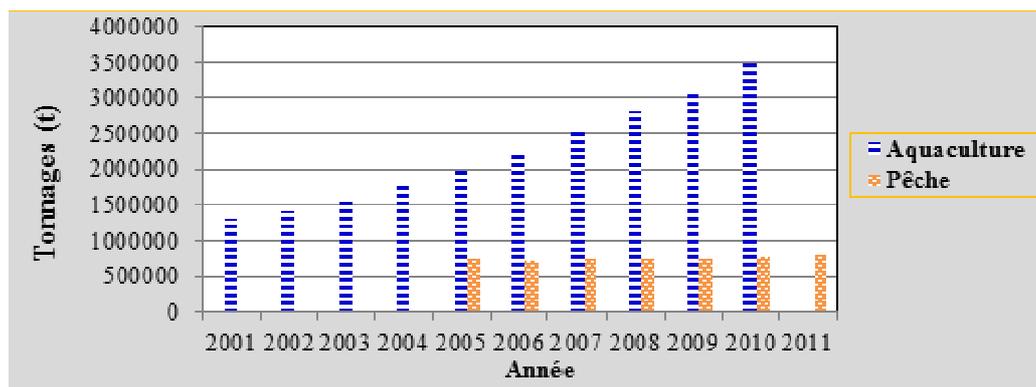


Figure 3: Evolution des tonnages de tilapias de la pêche et de l'aquaculture (FAOSTAT, 2013).

Conclusion

Les tilapias *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon melanotheron* sont capables de supporter des variations des facteurs environnementaux. Toutefois, au-delà d'une certaine valeur, ces paramètres peuvent affecter les fonctions biologiques comme la croissance et la reproduction. Contrairement à ce que l'on observe pour la majorité des autres espèces exploitées en pisciculture, la reproduction de *Oreochromis niloticus* et *Sarotherodon melanotheron* s'effectue spontanément. Il est donc relativement aisé d'obtenir une production massive et régulière d'alevins, à condition toutefois de gérer convenablement les stocks de géniteurs. La principale difficulté réside, en pratique, dans la production simultanée d'un grand nombre d'alevins de taille calibrée ou voisin. Pour une promotion durable de leur élevage, une connaissance précise de leurs performances zootechniques semble nécessaire. De même, pour une aquaculture durable de ces deux espèces, la mise en place d'un programme d'amélioration génétique prenant en compte tous les facteurs environnementaux paraît indispensable.

CONFLIT D'INTERETS

Il n'y a aucun conflit d'intérêts concernant la présente synthèse.

CONTRIBUTION DES AUTEURS

TOA a participé à la conception de la thématique, la collecte et l'organisation des informations scientifiques fournies. AT, IIT, AC et IYAK ont participé à la lecture et à la correction de l'article.

REFERENCES

- ADB (Asian Development Bank). 2005. *An Impact Evaluation of the Development of Genetically Improved Farmed Tilapia*. Asian Development Bank: Mandaluyong.
- Adebo GM, Alfred SDY. 2008. Economic analysis of contribution of tilapia production and marketing to gender empowerment in Ondo and Ekiti States, Nigeria. In: 8th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Cairo; 657–664.
- Adépo-Gourène B, Gourène G. 2008. Différentiation morphologique des populations naturelles d'une sous espèce de tilapia *Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852 (Teleostei; Cichlidae) de Côte d'Ivoire. *Sciences & Nature*, 5(1): 15–27. <http://dx.doi.org/10.4314/scinat.v5i1.42148>
- Ahouansou-Montcho S, Laleye PA. 2008. Some aspects of biology of *Oreochromis niloticus* L. (Perciformes: Cichlidae) recently introduced in Lake Toho (Benin,

- West Africa). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **2**(1): 114–122.
<http://www.ajol.info/index.php/ijbcs/article/view/39729>
- Amoussou TO, Youssao AKI, Toguyeni A. 2014. Improving aquaculture production in the Kou Valley, Burkina Faso. *Agricultural Innovations for Sustainable Development*, **4**(3): 187–194.
<http://knowledge.cta.int/content/download/55682/821417/file/CTA203+-+Africa+Wide+Women+01.pdf>
- Ansah YB, Frimpong EA, Hallerman EM. 2014. Genetically-improved tilapia strains in Africa: Potential benefits and negative impacts. *Sustainability*, **6**(6): 3697–3721. DOI:10.3390/su6063697
- Arizi EK, Obodai EA, Aggey-Fynn J. 2014. Reproductive biology of *Sarotherodon melanotheron* in the Dominli Lagoon, Ghana. *International Journal of Ecology and Environmental Sciences*, **40**(4): 245–253.
<http://www.nieindia.org/Journal/index.php/ijeas/article/view/558>
- Avit J-BLF, Bony KY, Kouassi NC, Konan KF, Assemian O, Allouko JR. 2012. Conditions écologiques de production de fingerlings de *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) en association avec le riz WITA 12 en étang. *Journal of Applied Biosciences*, **59**: 4271–4285.
<http://www.m.elewa.org/JABS/2012/59/1.pdf>
- Azaza MS, Mensi F, Abdelmouleh A, Kraïem MM. 2005. Elaboration d'aliments Secs Pour Le Tilapia de Nil *Oreochromis niloticus* (L., 1758) en élevage dans les eaux géothermales du Sud Tunisien. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer de Salammbô*, **32**: 23–30.
<http://hdl.handle.net/1834/3711>
- Azaza MS, Mensi F, Imorou Toko I, Dhraïef MN, Abdelmouleh A, Brini B, Kraïem MM. 2006. Effets de l'incorporation de la farine de tomate dans l'alimentation du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus* L. 1758) en élevage dans les eaux géothermales du Sud Tunisien. *Bulletin de l'Institut National des Sciences et Technologies de la Mer de Salammbô*, **33**: 47–58.
<http://hdl.handle.net/1834/4238>
- Bamba Y, Ouattara A, Da Costa KS, Gourene G. 2008. Production de *Oreochromis niloticus* avec des aliments à base de sous-produits agricoles. *Sciences & Nature*, **5**(1): 89–99. DOI:10.4314/scinat.v5i1.42155
- Bamba Y, Doumbia L, Ouattara S, Ouattara A, Da Costa KS, Gourene G. 2015. Effet de l'incorporation de sous-produits de cacao et d'arachide dans l'alimentation du tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) élevé en bassin. *Afrique Science*, **11**(5).
<http://www.afriquescience.info/document.php?id=5235>
- Baras E, Prignon C, Gohougo G, Melard C. 2000. Phenotypic sex differentiation of blue tilapia under constant and fluctuating thermal regimes and its adaptive and evolutionary implications. *Journal of Fish Biology*, **57**(1): 210–223. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2000.tb00787.x
- Ble MC, Arfi R, Yeboua AF, Diopoh KJ. 2006. Nutritious quality of food sources in acadja (Ebrie lagoon, Ivory Coast, West Africa). *Vie et Milieu Life and Environment*, **56**(3), 255–264.
<http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010041601>
- Ble MC, Otchoumou KA, Alla YL, Kaushik S. 2011. Utilisation des farines végétales dans l'alimentation des poissons d'élevage en milieu tropical. *Fiches Techniques et Documents de Vulgarisation*, **11**: 7–11.
<http://hdl.handle.net/1834/5797>
- Boyd CE, Tucker CS. 1998. *Pond Aquaculture Water Quality Management*. Kluwer Academic Publishers: New York.
- Cahu C. 2004. Domestication et fonction

- nutrition chez les poissons. *INRA Production Animale*, **17**(3): 205–210. <http://archimer.ifremer.fr/doc/00000/11021/>
- Campos-Mendoza A, McAndrew BJ, Coward K, Bromage N. 2004. Reproductive response of Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) to photoperiodic manipulation; effects on spawning periodicity, fecundity and egg size. *Aquaculture*, **231**(1-4): 299–314. DOI:10.1016/j.aquaculture.2003.10.023.
- Chikou A, Fagnon SM, Youssao I, Lalèyè P. 2013. Facteur de condition de *Sarotherodon melanotheron* (Pisces, Cichlidae) dans les eaux douces et saumâtres du Bénin. *Annales des Sciences Agronomiques*, **17**(1). <http://www.ajol.info/index.php/asab/article/view/106726>
- Cnaani A, Hulata G. 2011. Improving salinity tolerance in tilapias: Past experience and future prospects. *The Israeli Journal of Aquaculture*, **63**: 1–21. DOI: <http://hdl.handle.net/10524/36296>
- Coward K, Bromage NR. 2000. Reproductive physiology of female tilapia broodstock. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, **10**(1): 1–25. DOI:10.1023/A:1008942318272.
- Diouf K, Panfili J, Labonne M, Aliaume C, Tomás J, Do Chi T. 2006. Effects of salinity on strontium: calcium ratios in the otoliths of the West African black-chinned tilapia *Sarotherodon melanotheron* in a hypersaline estuary. *Environmental Biology of Fishes*, **77**(1), 9–20. DOI: 10.1007/s10641-006-9048-x
- Duponchelle F, Panfili J. 1998. Variations in age and size at maturity of female Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, populations from man-made lakes of Côte d'Ivoire. *Environmental Biology of Fishes*, **52**: 453–465. DOI: 10.1023/A:1007453731509
- Duponchelle F, Cecchi P, Corbin D, Nunez J, Legendre M. 2000. Variations in fecundity and egg size of female Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, from man-made lakes of Côte d'Ivoire. *Environmental Biology of Fishes*, **57**: 155–170. DOI: 10.1023/A:1007575624937
- Elegbe HA, Imorou Toko I, Agbohessi P, Ble C, Banag A, Chikou A, Eyango M, Laleye P. 2015. Co-culture *Clarias gariepinus-Oreochromis niloticus* : Quels avantages pour l'amélioration des performances zootechniques et économiques des poissons élevés dans les « Whedos » du delta de l'Ouémé au Bénin? *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **9**(4): 1937–1949. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v9i4.19>
- Fagnon MS, Chikou A, Youssao I, Laleye P. 2013. Caractérisation morphologique des populations de *Sarotherodon melanotheron* (Pisces, Cichlidae) en eaux douces et saumâtres au Sud Bénin. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **7**(2): 619–630. <http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i2.18>
- Falk TM, Teugels GG, Abban EK, Villwock W, Renwranz L. 2003. Phylogeographic Patterns in populations of the Black-Chinned Tilapia complex (Teleostei, Cichlidae) from coastal areas in West Africa: Support for the refuge zone theory. *Molecular Phylogenetics and Evolution*, **27**(1): 81–92. DOI:10.1016/S1055-7903(02)00369-X
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2012. *The State of World Fisheries and Aquaculture*. FAO: Rome.
- FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2014. *The State of World Fisheries and Aquaculture*. FAO: Rome.
- FAOSTAT (Food and Agriculture Organization of the United Nations - Statistics Division). 2013. *Yearbook of Fishery Statistics, Summary Tables*. FAO:

- Rome.
- Fitzsimmons K. 2000. Tilapia: The most important aquaculture species of the 21st century. In *Fifth International Symposium on Tilapia Aquaculture*. Rio de Janeiro; 3–8.
- Frimpong E, Ansah Y, Amisah S, Adjei-Boateng D, Agbo N, Eгна H. 2014. Effects of two environmental best management practices on pond water and effluent quality and growth of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Sustainability*, **6**(2): 652–675. DOI:10.3390/su6020652
- Gbaï M, Yao K, Atse YNABC. 2014. Etude comparée de la croissance et de la survie des hybrides *Sarotherodon melanotheron* X *Oreochromis niloticus*, de *O. niloticus* et des tilapias autochtones des lagunes Ivoiriennes (*S. melanotheron* et *Tilapia guineensis*). *Livestock Research for Rural Development*, **26**(1): 1–8. <http://lrrd.cipav.org.co/lrrd26/1/gbai26018.html>
- Gennotte V, François E, Rougeot C, Ponthier J, Deleuze S, Mélard C. 2012a. Sperm quality analysis in XX, XY and YY males of the Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Theriogenology* **78**(1): 210–217. DOI:10.1016/j.theriogenology.2012.02.002
- Gennotte V, Sawadogo P, Milla S, Kestemont P, Melard C, Rougeot C. 2012b. Cortisol is responsible for positive and negative effects in the ovarian maturation induced by the exposure to acute stressors in Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish Physiology and Biochemistry*, **38**(6): 1619–1626. DOI:10.1007/s10695-012-9656-7
- Gilles S. 1994. Comparaison des performances de croissance en milieu lagunaire de trois populations génétiquement différenciées de *Sarotherodon melanotheron*, originaire du Sénégal, de la Côte d'Ivoire et du Congo. In *Biodiversité et Aquaculture en Afrique*. Abidjan; 73–79.
- Gilles S. 2005. Le tilapia marin (euryhalin) Sénégalais *Sarotherodon melanotheron heudelotii*. www.com.univmrs.fr/IRD/cyroco/pdf/tilapia.pdf
- Gilles S, Lacroix G, Corbin D, Bâ N, Luna CI, Nandjui J, Ouattara A, Ouédraogo O, Lazzaro X. 2008. Mutualism between euryhaline tilapia *Sarotherodon melanotheron heudelotii* and *Chlorella sp.*-Implications for nano-algal production in warmwater phytoplankton-based recirculating systems. *Aquacultural Engineering*, **39**(2-3): 113–121. DOI:10.1016/j.aquaeng.2008.09.001.
- Gning Cisse N. 2008. Ecologie trophique des juvéniles de quatre espèces de poissons dans l'estuaire inverse du Sine-Saloum (Sénégal): Influence des conditions de salinité contrastées. PhD thesis, Université Montpellier 2, Montpellier, p. 171.
- Gourène G, Teugels GG, Huguény B, Thys Van Den Audenaerde DFE. 1999. Evaluation de la diversité ichtyologique d'un bassin Ouest-Africain après la construction d'un barrage. *Cybium*, **23**(2): 147–160. <http://www.documentation.ird.fr/hor/fdi:010019193>
- Halvorsen H, Svenning MA. 2000. Growth of Atlantic salmon parr in fluvial and lacustrine habitats. *Journal of Fish Biology*, **57**(1): 145–160. DOI:10.1006/jfbi.2000.1296
- Hem S, Legendre M, Trébaol L, Cissé A, Otémé Z, Moreau Y. 1994. *L'aquaculture Lagunaire*. IRD éditions: Montpellier.
- Houlihan D, Boujard T, Jobling M. 2001. *Food Intake in Fish*. Blackwell Science Ltd: Oxford.
- Huchette SMH, Beveridge MCM. 2003. Technical and economical evaluation of periphyton-based cage culture of tilapia (*Oreochromis niloticus*) in tropical

- freshwater cages. *Aquaculture*, **218**(1-4), 219–234. DOI: 10.1016/S0044-8486(02)00414-3
- Iga-Iga R. 2008. Contribution à la mise au point d'aliments pour tilapia *Oreochromis niloticus* à base d'intrants locaux : Cas du Gabon. Mémoire de Master, Institut de Recherches Agronomiques et Forestières, Libreville, p. 47.
- Ipungu L, Ngoy K, Banze K, Lumfwa K, Kafund M. 2015. L'étude de la croissance de *Oreochromis niloticus* par la fertilisation des étangs : Le cas de la ferme Naviundu Lubumbashi. *Journal of Applied Biosciences*, **91**: 8503–8510. <http://dx.doi.org/10.4314/jab.v91i1.3>
- Jennings DP, Williams JD. 1993. Factors influencing the distribution of blackchin tilapia, *Sarotherodon melanotheron*, in the Indian River system, Florida. *Northeast Gulf Science*, **12**(2): 111-117. <https://pubs.er.usgs.gov/publication/1008477>
- Josupeit H. 2004. *World Market of Tilapia*. FAO, Globefish Research Programme: Rome.
- Kanangire CK. 2001. Effets de l'alimentation des poissons avec Azolla sur la production d'un écosystème agropiscicole en zones marécageuses au Rwanda. PhD thesis, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix, Namur, p. 220.
- Kestemont P, Baras E. 2001. Environmental factors and feed intake: Mechanisms and interactions. In *Food Intake in Fish*, Houlihan D, Boujard T, Jobling M (eds). Blackwell Science Ltd: Oxford; 131–156.
- Koné T, Teugels GG. 1999. Données sur la reproduction d'un tilapia estuarien (*Sarotherodon melanotheron*) isolé dans un lac de barrage Ouest-Africain. *Aquatic Living Resources*, **12**(4): 289–293. DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0990-7440\(00\)86640-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0990-7440(00)86640-1)
- Koné T, Teugels GGT. 2003. Food habits of *S. melanotheron* (Rüppell) in riverine and lacustrine environments of a West African coastal basin. *Hydrobiologia*, **490**(1): 75–85. DOI: 10.1023/A:1023410528580
- Lacroix E. 2004. *Pisciculture en Zone Tropicale*. GTZ & GFA Terra Systems: Hamburg.
- Lazard J, Legendre M. 1996. La reproduction spontanée du tilapia: Une chance ou un handicap pour le développement de l'aquaculture Africaine ? In: Le troisième symposium international sur le tilapia en aquaculture, ICLARM (ed). Jakarta; 82–98.
- Lazard J. 2007. Aquaculture et espèces introduites: Exemple de la domestication ex situ des tilapias. *Cahiers Agricultures*, **16**(2): 123–124. DOI:10.1684/agr.2007.0085.
- Lazard J. 2009. La pisciculture des tilapias. *Cahiers Agricultures*, **18**(2-3): 393–401. <http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=21713651>
- Lazard J, Levêque C. 2009. Introductions et transferts d'espèces de poissons d'eau douce. *Cahiers Agricultures*, **18**(2-3): 157–163. DOI: 10.1684/agr.2009.0290
- Lazard J. 2013. Les paradoxes et les questionnements soulevés par l'exploitation de la biodiversité (autochtone et introduite) en aquaculture. Potentiels de la science pour l'avenir de l'agriculture, de l'alimentation et de l'environnement, 1–13. <https://inra-dam-front-resources-cdn.brainsonic.com/ressources/afile/337564-892ff-resource-revue-de-loacademie-doagriculture-o-aquacultureo.pdf>
- Legendre M, Lévêque C. 1996. *L'aquaculture*. IRD: France.
- Lemarié G, Baroiller J-F, Clota F, Lazard J, Dosdat A. 2004. A simple test to estimate the salinity resistance of fish with specific application to *O. niloticus* and *S. melanotheron*. *Aquaculture*, **240**(1-4): 575–587. DOI:10.1016/j.aquaculture.2004.07.014

- Lévêque C, Paugy D, Teugels GG. 1990. *Faune des Poissons d'Eaux Douces et Saumâtres de l'Afrique de l'Ouest* (1st edn). Muste Royal de l'Afrique Centrale & ORSTOM: Tervuren & Paris.
- Lévêque C, Paugy D, Teugels GG. 1992. *Faune des Poissons d'Eaux Douces et Saumâtres de l'Afrique de l'Ouest* (2nd edn). Muste Royal de l'Afrique Centrale & ORSTOM: Tervuren & Paris.
- Lévêque C, Bruton MN, Ssentongo GW. 1994. *Biologie et Ecologie des Poissons d'Eau Douce Africains*. ORSTOM: Paris.
- Lévêque C, Paugy D. 2006. *Les Poissons des Eaux Continentales Africaines: Diversité, Ecologie, Utilisation par l'Homme*. IRD: Paris.
- Lorenzen K. 2000. Population dynamics and management. In *Tilapias: Biology and Exploitation*. Kluwer Academic Publishers: Dordrecht; 163–225.
- Luquet P, Moreau Y. 1989. Energy-protein management by some warmwater finfishes. *Advances in Tropical Aquaculture*, **9**: 751–755. <http://archimer.ifremer.fr/doc/1989/acte-1424.pdf>
- Madrid JA, Boujard T, Sánchez-Vázquez FJ. 2001. Feeding rhythms. In *Food Intake in Fish*. Blackwell Science Ltd: Oxford; 189–215.
- Mashaii N, Rajabipour F, Mohammadi M, Sarsangi H, Bitaraf A, Hossein-Zadeh H, Sharif-Rohani M. 2016. Reproduction of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus* in Brackish Water. *Journal of Applied Aquaculture*, **28**(1): 1–8. DOI:10.1080/10454438.2015.1104943
- Médale F, Kaushik S. 2009. Les sources protéiques dans les aliments pour les poissons d'élevage. *Cahiers Agricultures*, **18**(2): 103–111. DOI:10.1684/agr.2009.0279
- Mélard C. 2014a. Base biologique de l'aquaculture : Biologie de la reproduction 3. Note de cours à l'intention des étudiants de Master Complémentaire en Aquaculture, Université de Liège, CEFRA, Tihange: Belgique, p. 45.
- Mélard C. 2014b. Base biologique de l'aquaculture : Stress chez les poissons. Note de cours à l'intention des étudiants de Master Complémentaire en Aquaculture, Université de Liège, CEFRA, Tihange: Belgique, p. 68.
- Mensah ETD, Klenam F, Attipoe Y, Atsakpo K. 2014. Comparative growth study of *Oreochromis niloticus* and *Sarotherodon galilaeus* under two different culture regimes (hapa-in-pond and cage systems). *International Journal of Fisheries and Aquatic Studies*, **1**(5): 53–59. <http://fisheriesjournal.com/vol1issue5/pdf/87.1.pdf>
- Mikolasek O, Khuyen TD, Medoc JM, Porphyre V. 2009. L'intensification écologique d'un modèle de pisciculture intégrée: Recycler les effluents d'élevages porcins de la province de Thai Binh (Nord Vietnam). *Cahiers Agricultures*, **18**(2-3): 235–241. DOI:10.1684/agr.2009.0295
- Moreau J. 1979. Biologie et évolutions des peuplements de Cichlidés (Pisces) introduits dans les lacs Malgaches d'altitude. Thèse de Doctorat d'Etat, Institut Polytechnique de Toulouse, Toulouse, p. 301.
- Moreau Y, Desseaux V, Koukiekolo R, Marchis-Mouren G, Santimone M. 2001. Starch digestion in tropical fishes: Isolation, structural studies and inhibition kinetics of α -amylases from two tilapias *Oreochromis niloticus* and *Sarotherodon melanotheron*. *Comparative Biochemistry and Physiology - B Biochemistry and Molecular Biology*, **128**(3): 543–552. DOI:10.1016/S1096-4959(00)00358-4
- Nelson JS. 2006. *Fishes of the World*. John Wiley & Sons: New York.
- Ofori-Danson PK, Kumi GN. 2009. Food and feeding habit of *Sarotherodon melanotheron*, Rüppell, 1852 (Pisces:

- Cichlidae) in Sakumo Lagoon, Ghana. *West African Journal of Applied Ecology*, **10**(1): 9–18. DOI:10.4314/wajae.v10i1.45692
- Ouattara NI, Teugels GG, N'Douba V, Philippart JC. 2003. Aquaculture potential of the black-chinned tilapia, *Sarotherodon melanotheron* (Cichlidae). Comparative study of the effect of stocking density on growth performance of landlocked and natural populations under cage culture conditions in Lake Ayame (Côte d'Ivoire). *Aquaculture Research*, **34**(13): 1223–1229. DOI:10.1046/j.1365-2109.2003.00921.x
- Ouattara NI, N'Douba V, Kone T, Snoeks J, Philippart JC. 2005. Performances de croissance d'une souche isolée du tilapia estuarien *Sarotherodon melanotheron* (Perciformes, Cichlidae) en bassins en béton, en étangs en terre et en cages flottantes. *Annale de l'Université Marien Ngouabi*, **6**(1): 113–119. http://www.africamuseum.be/publication_docs/Ouattara%20et%20al%202005%202.pdf
- Ouattara NI, Iftime A, Mester LE. 2009. Age et croissance de deux espèces de Cichlidae (Pisces): *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) et *Sarotherodon melanotheron* Rüppell, 1852 du lac de barrage d'Ayamé (Côte d'Ivoire, Afrique de l'Ouest). *Travaux du muséum national d'histoire naturelle «Grigore Antipa»*, **LII**: 313–324. <https://www.researchgate.net/publication/242520866>
- Ouattara N'G. 2009. Adaptation écophysiological des branchies à l'hypersalinité chez le tilapia *Sarotherodon melanotheron*. PhD thesis, Université Montpellier 2, Montpellier, p. 165.
- Quedraogo S. 2000. Biologie de reproduction du tilapia : *Oreochromis niloticus* du lac de barrage de la Comoé. Mémoire d'Ingénieur du Développement Rural, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, Bobo-Dioulasso, p. 77.
- Owusu-Frimpong M, Attipoe FYK, Padi JN. 2005. Comparison of some traits of economic importance in tilapias (*Oreochromis niloticus* and *Sarotherodon galilaeus*) with particular reference to their culture in Ghana. *Naga The World Fish Center Quarterly*, **28**(3 & 4): 33–36. URL: <http://aquaticcommons.org/id/eprint/9406>
- Panfili J, Mbow A, Durand JD, Diop K, Diouf K, Thior D, Ndiaye P, Laë R. 2004. Influence of salinity on the life-history traits of the West African black-chinned tilapia (*Sarotherodon melanotheron*): Comparison between the Gambia and Saloum Estuaries. *Aquatic Living Resources*, **17**(1): 65–74. DOI:10.1051/alr:2004002
- Panfili J, Thior D, Ecoutin J-M, Ndiaye P, Albaret JJ. 2006. Influence of salinity on the size at maturity for fish species reproducing in contrasting West African estuaries. *Journal of Fish Biology*, **69**(1): 95–113. DOI: 10.1111/j.1095-8649.2006.01069.x
- Paugy D, Lévêque C, Teugels GG. 2004. *Faune des Poissons d'Eau Douce et Saumâtre d'Afrique de l'Ouest* (2nd edn). Faune et Flore Tropicales: Paris.
- Peña-Mendoza B, Gómez-Márquez JL, Salgado-Ugarte IH, Ramírez-Noguera D. 2005. Reproductive biology of *Oreochromis niloticus* (Perciformes: Cichlidae) at Emiliano Zapata Dam, Morelos, Mexico. *Revista de Biología Tropical*, **53**(3-4): 515–522. DOI:10.15517/rbt.v53i3-4.14666
- Peterson MS, Slack WT, Brown-Peterson NJ, McDonald JL. 2004. Reproduction in nonnative environments: Establishment of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*, in Coastal Mississippi Watersheds. *Copeia*, **4**: 842–849. DOI:10.1643/CE-04-134R1
- Ross LG. 2000. Environmental physiology and energetics. In *Tilapias: Biology and*

- Exploitation*, Beveridge MCM, McAndrew BJ (eds). Springer Netherlands (Fish and Fisheries Series): Netherlands; 89–128.
- Sakr EM, Shalaby SM, Wassef EA, El-Sayed AFM, Moneim AIA. 2015. Evaluation of periphyton as a food source for Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) juveniles fed reduced protein levels in cages. *Journal of Applied Aquaculture*, **27**(1): 50–60.
DOI:10.1080/10454438.2014.967073
- Sirima O, Toguyeni A, Kabore-Zoungrana C. 2009. Faune piscicole du bassin de la Comoé et paramètres de croissance de quelques espèces d'intérêt économique. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **3**(1): 95–106.
DOI:10.4314/ijbcs.v3i1.42740
- Tanoh Kamelan M, Berté S, Zi GKN, Bamba M, Goore GB, Essetchi P. 2013. Peuplement ichtyologique du complexe Brimé-Méné-Nounoua, Côte d'Ivoire (Afrique de l'Ouest). *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, **7**(6): 2248–2263.
<http://dx.doi.org/10.4314/ijbcs.v7i6.6>
- Toguyeni A. 1996. La croissance différentielle liée au sexe chez le tilapia (Pisces: Cichlidae), *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758): Contribution des facteurs génétiques, nutritionnels, comportementaux, et recherche d'un relais endocrinien. PhD thesis, Université de Renne I, Renne, p 250.
- Toguyeni A, Fauconneau B, Fostier A, Abucay J, Mair G, Baroiller JF. 2002. Influence of sexual phenotype and genotype, and sex ratio on growth performances in tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, **207**: 249–261.
DOI: 10.1016/S0044-8486(01)00747-5
- Toguyeni A. 2004. Tilapia production and its global impacts in central african countries. In: 6th International Symposium on Tilapia in Aquaculture. BFAR & ATA: Manila.
- Toguyeni A, Fauconneau B, Melard C, Fostier A, Lazard J, Baras E, Kuhn E, Van der Geyten S, Baroiller J-F. 2009. Sexual dimorphism in two pure Cichlid species, *Oreochromis niloticus niloticus* (Linnaeus, 1758) and *Sarotherodon melanotheron melanotheron* Rüppel 1852, and their intergeneric hybrids. *African Journal of Aquatic Science*, **34**(1): 69–75.
DOI:10.2989/AJAS.2009.34.1.7.732
- Tran-Duy A, Schrama JW, Van Dam AA, Verreth JAJ. 2008. Effects of oxygen concentration and body weight on maximum feed intake, growth and hematological parameters of Nile Tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, **275**(1-4): 152–162.
DOI:10.1016/j.aquaculture.2007.12.024
- Trintignac P, Bouin N, Kerleo V, Le Berre M. 2013. *Guide de bonnes pratiques pour la gestion piscicole des étangs*. SMIDAP: La Ferrière.
- Van Eer A, Van Schie T, Hilbrands A. 2004. *La pisciculture à petite échelle en eau douce*. Fondation Agromisa: Wageningen.
- Vitule JRS, Freire CA, Simberloff D. 2009. Introduction of non-native freshwater fish can certainly be bad. *Fish and Fisheries*, **10**(1): 98–108. DOI:10.1111/j.1467-2979.2008.00312.x