



RÉPUBLIQUE ALGERIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

**MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

UNIVERSITÉ SAAD DAHLAB DE BLIDA - 1

FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

DÉPARTEMENT DES BIOTECHNOLOGIES

Projet de fin d'étude en vue de l'obtention

Du diplôme de Master

Spécialité : Production et nutrition animale

**Synthèse bibliographique de quelques
études sur l'inversion hormonale du sexe
chez le Tilapia *Oreochromis niloticus*.**

Présenté par : ESSAHELI Mohamed Mounir

Et GUESSAIBIA Ahmed Chawki

Devant le jury composé de :

Mme. KALI S.	MCB	USDB	Présidente de jury
Mr. CHEBEL F.	MRB	CNRDPA	Promoteur
Mme. BABA ALI A.	MAA	USDB	Examinatrice

ANNEE UNIVERSITAIRE 2019/2020

Remerciements

Avant tout nous remercions le bon **DIEU** tout puissant de nous avoir accordé la Force, le courage et les moyens afin de pouvoir accomplir ce modeste travail.

Il nous est agréable d'exprimer nos sincères remerciements à l'égard de Monsieur le docteur **CHEBEL Fateh**, maître de recherche au CNRDPA, pour nous avoir proposé ce sujet et de nous avoir fait confiance. Nous le remercions pour l'intérêt qu'il a apporté à ce travail, pour toutes ses remarques pertinentes et ses discussions stimulantes malgré ses nombreuses obligations.

Nous remercions Mme **KALLI Sofia**, enseignante à l'université SAAD DAHLAB de Blida, de nous avoir fait l'honneur d'accepter de présider notre jury de mémoire.

Nous remercions Mme **BABA ALI Amina**, enseignante à l'université SAAD DAHLAB de Blida, pour avoir accepté d'examiner notre travail et de faire partie de notre jury de mémoire.

Nous remercions **Mr BENCHERCHALI Mohamed**, chef d'option et enseignant à l'université SAAD DAHLAB de Blida, pour tout le soutien et l'aide qu'il nous a offert pendant toutes les années universitaires.

Enfin, nous tenons vivement à remercier toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce présent mémoire.

Dédicaces

*Je dédie ce travail à mes très chers parents, à ma chère mère **HAMIDI Bouchra**
pour tous les sacrifices qu'elle fait pour moi et mes frères, à mon père **ESSAHELI***

***Kamel** pour son soutien et son encouragement.*

*A mes chères frères **Chakib** et **Anis**.*

A tous mes amis, que je considère comme frères et sœurs

A tous mes collègues et enseignants que j'ai rencontré dans toute ma vie scolaire

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail

A tous ceux qui me sont chers

A tous ceux qui m'aiment

Je dédie ce travail.

ESSAHELI M.M.

Dédicaces

*Je dédie ce travail à mes très chers parents, mon monde, **GUESSAIBIA Mohammed Rédha** et **MEKFOULDJI Baya***

Je n'aurais jamais pu arriver à ce point-là sans leurs encouragements, soutien, et amour

Malgré ce très modeste travail, j'aimerais exprimer mes gratitudes éternelles et mon amour infini.

*A ma seconde mère que j'aime autant, ma tante **MEKFOULDJI Fatima Zohra**,*

Pour m'avoir aimé et soutenu comme son propre fils,

Pour être une pièce irremplaçable de ma vie.

*A mes chères sœurs **AFAF** et **MARWA**.*

A tous mes chers cousins, cousines, tantes, oncles, et le reste de ma grande famille.

A tous mes amis, que je considère comme frères et sœurs

A tous mes collègues et enseignants que j'ai rencontré dans toute ma vie scolaire

Chaque expérience avec chacun d'eux, m'a plus ou moins forgé à ce que je suis maintenant

A tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce travail

*Et enfin, à ma grand-mère **ACHOUR Fadila***

Qui m'a aimé et qui j'aimais profondément

Qui a toujours prié pour mon succès, mais qui n'a pas pu voir mes résultats

Puisse-t-elle reposer en paix

A tous ceux qui me sont chères

A tous ceux qui m'aiment

Je dédie ce travail

Résumé

L'inversion hormonale est une pratique zootechnique appliquée chez le tilapia dont le but est de diminuer les pertes énergétiques dues au phénomène de la reproduction, d'homogénéiser la taille des animaux, d'améliorer le rendement de leur carcasse et d'optimiser les performances zootechniques de l'animal.

Notre présente étude est une synthèse bibliographique de quelques études réalisées sur l'inversion hormonale du sexe chez le tilapia *Oreochromis niloticus*. Les travaux scientifiques qui ont été synthétisés traitent le degré de réussite des différentes techniques appliquées pour avoir une population mono-sexe mâle.

Au cours de notre recherche, nous avons constaté que l'inversion hormonale avait un apport bénéfique au poisson avec un taux de survie plus élevé et une croissance plus intéressante. Cependant l'efficacité du traitement est meilleure lorsque les conditions environnementales sont sous contrôle.

Mots clés: Inversion hormonale / Tilapia / *Oreochromis niloticus* / Population mono-sexe mâle.

Abstract

Bibliographical summary of some studies on hormonal sex inversion in Tilapia *Oreochromis niloticus*

Hormonal inversion is a zootechnical practice applied to tilapia with the aim of reducing energy losses on reproduction, to homogenize the size of animals and the yield of their carcass, and to optimize the zootechnical performance of the animal.

Our present study is a bibliographic summary of some studies carried out on hormonal sex inversion in tilapia *Oreochromis niloticus*, documented in scientific work (article and end of study papers), which discuss the degree of success of the different techniques applied to have a male mono-sex population.

During our study approach, we found that the hormonal inversion had a beneficial contribution to the fish with a higher survival rate and more interesting growth, however the effectiveness of the treatment is better when the environmental conditions are under precise control.

Key words: Hormonal inversion /Tilapia / *Oreochromis niloticus* / male mono-sex population.

ملخص

ملخص ببيولوجرافي لبعض الدراسات حول الانعكاس الهرموني للجنس في البلطي *Oreochromis niloticus*

الانعكاس الهرموني هو ممارسة في تربية الحيوانات تطبق على البلطي بهدف تقليل فقد الطاقة عند التكاثر، تجانس حجم الحيوانات ومحصول لحمها، وتحسين الأداء في تربية الحيوان للسّمك.

دراستنا الحالية عبارة عن ملخص ببيولوجرافي لبعض الدراسات التي أجريت على الانعكاس الهرموني للجنس في البلطي *Oreochromis niloticus*، موثقة في أعمال علمية (مقالة وأوراق نهاية الدراسة)، والتي تتناول درجة نجاح التقنيات المختلفة المطبقة للحصول على مجتمع أحادي الجنس.

خلال دراستنا، وجدنا أن الانعكاس الهرموني كان له مساهمة مفيدة للأسماك مع معدل نجاة أعلى ونمو أكثر إثارة للاهتمام، ومع ذلك فإن فعالية العلاج تكون أفضل عندما تكون الظروف البيئية تحت تحكم دقيق.

كلمات مفتاحية: *Oreochromis niloticus* / بلطي نيلي / النسبة الجنسية / العلاجات الهرمونية / أحادي الجنس

Sommaire

Introduction.....	01
Chapitre I : Généralités.....	03
1. Biologie du Tilapia.....	03
1.1. Position Systématique.....	03
1.2. Morphologie.....	03
1.3. Anatomie, physiologie et fonctions.....	04
1.3.1. Squelette.....	04
1.3.2. Muscles.....	05
1.3.3. Appareil digestif.....	05
1.3.4. Appareil respiratoire.....	05
1.3.5. Appareil circulatoire.....	06
1.3.6. Appareil excréteur.....	06
1.4. Reproduction.....	06
1.4.1. Dimorphisme sexuel.....	07
1.4.2. Type de reproducteurs.....	07
1.4.3. Fécondité.....	09
1.5. Croissance.....	09
1.6. Régime alimentaire.....	09
2. Écologie.....	09
2.1. Potentiel d'hydrogène (pH).....	10
2.2. Salinité.....	10
2.3. Oxygène dissous.....	10
2.4. Composés azotés.....	10
2.5. Température.....	10
3. Contrôle du sexe chez le Tilapia.....	11
3.1. Sexage.....	11
3.2. Hybridation.....	11
3.3. Production d'individus mâles par des traitements hormonaux.....	11
3.4. Manipulations chromosomiques.....	11
4. Répartition géographique.....	12
5. Production mondiale.....	12

Chapitre II : Synthèse de quelques connaissances scientifiques.....	14
1. Synthèse des travaux d'Adjout et Zouakh (2006 <i>in</i> Zouakh, 2009).....	14
1.1. Matériel et méthodes.....	14
1.2. Résultats et discussion.....	15
2. Synthèse des travaux de Seck <i>et al.</i> (2018).....	15
2.1. Matériel et méthodes.....	15
2.2. Résultats et discussion.....	16
3. Synthèse des travaux de Khemis et Maamri (2019).....	17
3.1. Matériel et méthodes.....	17
3.2. Résultats et discussion.....	18
4. Synthèse des travaux de Ouedraogo (2009).....	19
4.1. Matériel et méthodes.....	19
4.2. Résultats et discussion.....	20
5. Comparaison des résultats.....	21
Conclusion.....	22
Références bibliographiques	23

Liste des figures

Figure 01 : Caractéristiques morphologiques spécifiques d' <i>O. niloticus</i>	04
Figure 02 : Squelette du Tilapia	04
Figure 03 : Anatomie interne poisson osseux	06
Figure 04 : Dimorphisme sexuel de la papille orifice uro-génital de tilapia du Nil <i>O. niloticus</i> des mâles (A) et des femelles (B)	07
Figure 05 : Reproduction du Tilapia	08
Figure 06 : Production mondiale du Tilapia	13
Figure 07 : Identification des géniteurs mâles et femelles	16
Figure 08 : Taux d'inversion des alevins dans les 07 bassins	17

Liste des tableaux

Tableau 01 : Résultats du sexage manuel et du squash gonadique	15
Tableau 02 : Résultats du squash gonadique	18
Tableau 03 : Résultats du sexage manuel et du squash gonadique	20
Tableau 04 : Comparaison des résultats	21

Liste des abréviations

‰ : Pour mille

17 α -MT : 17 α -Méthyltestostérone

C₃₀H₄₈O₃ : Undécanoate de testostérone

CNRDPA : Centre National de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture

FAO : Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

Ind : Indéterminé

pH : Potentiel hydrogène

μ g : Microgramme

Introduction

Introduction

Avec une population en croissance continue, une demande de protéine de plus en plus élevée en terme de quantité et de qualité, le monde se trouve devant un nouveau défi sans précédent à couvrir toute cette demande de protéines animales sans la surexploitation des ressources naturelles qui sont déjà à leur limite.

L'aquaculture, un domaine qui a connu une croissance de 527 % de 1990 à 2018 avec une production de 114,5 million de tonnes en 2018, propose un moyen alternatif durable et plus respectueux à l'écosystème que la pêche comme source de fruit de mer et de poissons, dont la filière de pisciculture a elle seule produit plus de 54 millions de tonnes en 2018 **(FAO, 2020)**.

Le tilapia *Oreochromus niloticus* (Linné, 1758) se présente comme un candidat très intéressant pour la pisciculture en eau douce, En effet le tilapia est probablement le poisson d'élevage le plus important du 21ème siècle **(Ridha, 2006)**. Il a une croissance très intéressante sur un large éventail de conditions environnementales et qui tolère le stress induit par la manipulation et qui valorise les rations alimentaires avec un faible taux de protéines **(Tsadik et bart, 2007)**.

Cependant le tilapia a une maturité sexuelle précoce et est capable de se reproduire à des tailles relativement petites, cette reproduction est non saisonnière, avec des pontes continues étalées sur toute l'année **(Philippart et Ruwet, 1982)**. De plus, les soins parentaux apportés par la femelle depuis les œufs jusqu'aux alevins après éclosion **(Ruwet, 1962)**, entraînent un fort taux de survie des alevins, ce qui conduit, en milieu fermé et en situation de compétition alimentaire, à la surpopulation et au nanisme **(Hickling, 1963)**. Par conséquent, le rendement en poissons de taille intéressante pour le marché est réduit de façon considérable **(Swingle, 1960)**.

C'est pour ça que la production de population monosexue mâle du tilapia est un enjeu très important pour la rentabilité de l'élevage et optimiser les performances zootechniques du poisson. En effet, la production de population monosexue mâle par la technique de l'inversion du sexe chez le Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* permet de bénéficier de la meilleure croissance des mâles **(Mélard et al., 1989)** et d'empêcher toute reproduction spontanée chez cette espèce à maturité sexuelle précoce **(Baroiller, 1988)**.

L'objectif principal de notre travail est de réaliser une synthèse bibliographique de quelques études sur les techniques d'inversion du sexe chez le Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* pour obtenir une population d'individus phénotypiquement mâles.

Notre présent travail suit donc une logique de présentation des données générales sur le tilapia *Oreochromis niloticus*, nous abordons une deuxième partie relative à une synthèse bibliographique de quelques études réalisées sur l'inversion du sexe chez *Oreochromis niloticus*. Par la suite nous terminons par une conclusion qui reprend de manière très synthétique les principaux résultats obtenus par les différentes études.

Chapitre I : Généralités

1. Biologie du Tilapia

1.1. Position systématique

La systématique détaillée du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758) est décrite ci-dessous:

Embranchement : Vertebrata

Super-Classe : Gnathostomata

Classe : Osteichthyes

Sous-Classe : Actinopterygii

Super-Ordre : Teleostei

Ordre : Perciformes

Famille : Cichlidae

Genre : *Oreochromis* Günther, 1889.

Espèce : *O.niloticus* (Linné, 1758).

1.2. Morphologie

Le Tilapia a une forme trapue, qui peut être facilement stylisée pour représenter schématiquement et rapidement le poisson lors de causeries ou de démonstration (Fig. 01). La nageoire dorsale comprend 15 à 16 rayons épineux, suivis de 9 à 11 rayons mous ; la nageoire anale est formée de 3 rayons épineux précédant 7 à 11 rayons mous ; les nageoires ventrales portent un rayon dur suivi de 5 rayons mous. La ligne latérale, sur les deux côtés du poisson est interrompue et compte 18 à 9 écailles, puis, décroche vers le bas, une seconde ligne d'une douzaine d'écailles (**Trewavas, 1983 ; Arrigon, 2000**).

La peau est recouverte d'écailles plus ou moins grandes. La coloration générale est grise argentée, susceptible de changer de teintes suivant le milieu et certaines circonstances (**FAO, 2020**).

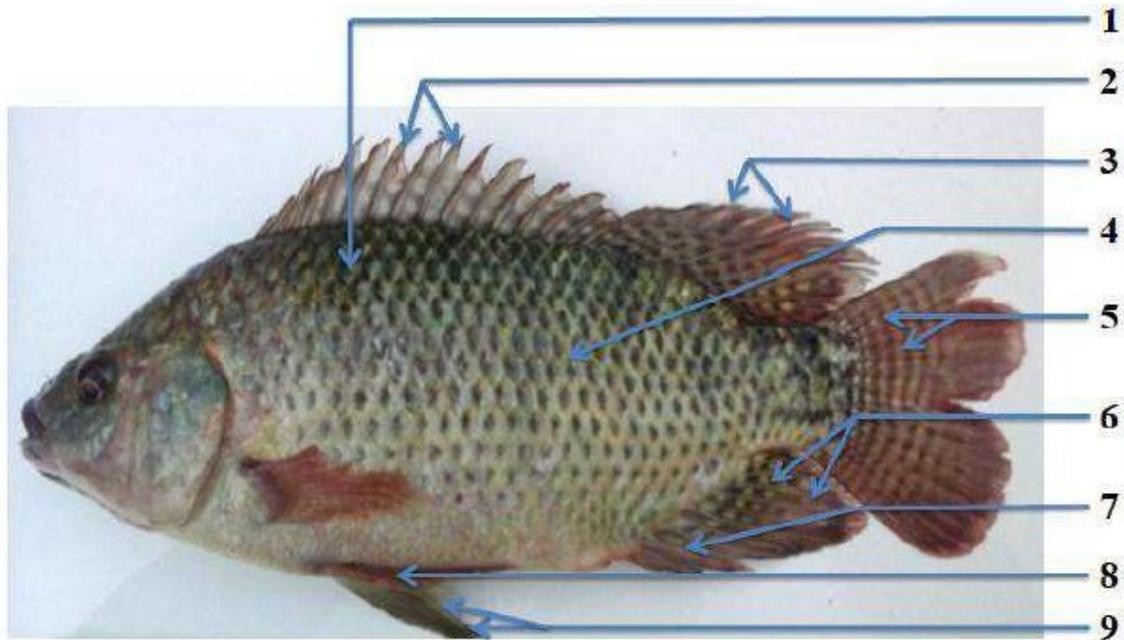


Figure 01 : Caractéristiques morphologiques spécifiques d'*O.niloticus* (Bourkhris, 2018).

1: 1^{ère} ligne latérale ; 2: Rayons épineux de la nageoire dorsale ; 3: Rayons mous de la nageoire dorsale ; 4 : 2^{ème} ligne latérale ; 5: Bandes verticales claires et noires sur la nageoire caudale ; 6: Rayons mous de la nageoire anale ; 7: Rayons épineux de la nageoire anale ; 8: Rayon dur de la nageoire pelvienne ; 9: Rayons mous de la nageoire pelvienne.

1.3. Anatomie, physiologie et fonctions

1.3.1. Squelette

Charpente du corps, le squelette du Tilapia est osseux. Le squelette de la tête comprend les os du crane qui protègent les centres nerveux et les os de la face, essentiellement les mâchoires qui soutiennent les branchies (Fig. 02) (Arrigon, 2000). Les os du tronc comprennent la colonne vertébrale et des petits os, supports des nageoires, elles-mêmes constituées de rayons osseux ou cartilagineux (Léveque *et al.*, 1992).



Figure 02 : Squelette du Tilapia (Grant Museum of Zoology, 2014).

1.3.2. Muscles

Lorsque l'on examine un Tilapia cuit, on distingue une masse musculaire composée de deux « filets » dorsaux, épais, et deux flancs moins épais, en étroite relation avec les arêtes. Ces masses musculaires assurent la propulsion du poisson : ce sont celles qui sont intéressantes pour le consommateur. D'autres muscles, plus petits, font fonctionner les mâchoires, le pharynx, les opercules, les nageoires (**Arrigon, 2000**).

1.3.3. Appareil digestif

De l'avant vers l'arrière, l'appareil digestif, qui permet au Tilapia de se nourrir, comprend (**Arrigon, 2000**) :

- **La bouche** : est plus au moins proéminente suivant que les Tilapias sont ou non suceurs.
- **Les dents** : les dents sont fonctionnelles : fines dents pharyngiennes en forme de crochets chez les poissons planctophages tels que le *Tilapia nilotica*, fortes dents râpeuses chez les tilapias herbivores.
- **Le pharynx** : Le pharynx est une sorte de carrefour où s'ouvrent les branchies.
- **L'œsophage et l'estomac** : L'œsophage est un conduit vers l'estomac dont les parois sont plus ou moins épaisses suivant l'alimentation des espèces. La digestion est favorisée par l'émission par la paroi de sucs gastriques chimiques, ce qui explique le mauvais goût de certains Tilapia herbivores quand on ne les vide pas avant cuisson.
- **L'intestin** : L'intestin est plus long chez les Tilapia herbivores que chez les autres. Son rôle essentiel est le passage dans le sang des éléments nutritifs résultant de la digestion.
- **L'anus** : L'anus débouche en avant de l'orifice génito-urinaire et du premier rayon de la nageoire anale.
- **Le foie** : est une grosse glande brune placée en arrière du cœur.

1.3.4. Appareil respiratoire

C'est par les branchies que respire le poisson. Chacune est composée d'une armature osseuse : au niveau de l'arc branchial qui supporte les lamelles au niveau de squelettes se fait le transfert de l'oxygène de l'eau vers l'organisme du poisson.

Le Tilapia est équipé d'une paire de quatre branchies situées de part et d'autre de corps. Elles sont protégées par une sorte de couvercle : l'opercule ou encore l'ouïe. Chacun peut observer que le Tilapia avale et déglutit sans cesse ; le courant d'eau, passant par la bouche, irrigue les branchies qui fixent l'oxygène (**Arrigon, 2000**).

1.3.5. Appareil circulatoire

Selon **Arrigon (2000)**, l'appareil circulatoire, qui irrigue de sang le corps du Tilapia, est un circuit fermé comprenant les artères, puis des vaisseaux très fins, les capillaires, ensuite les veines et une pompe qui anime le tout : le cœur, situé en arrière des branchies.

1.3.6. Appareil excréteur

L'appareil excréteur est essentiellement constitué par les reins, sortes de glandes brunes, très allongées et ramifiées, tapissant la partie dorsale de la cavité viscérale avec laquelle ils sont en relation. Les urines sont drainées vers l'orifice par deux canaux : les uretères (Fig. 03).

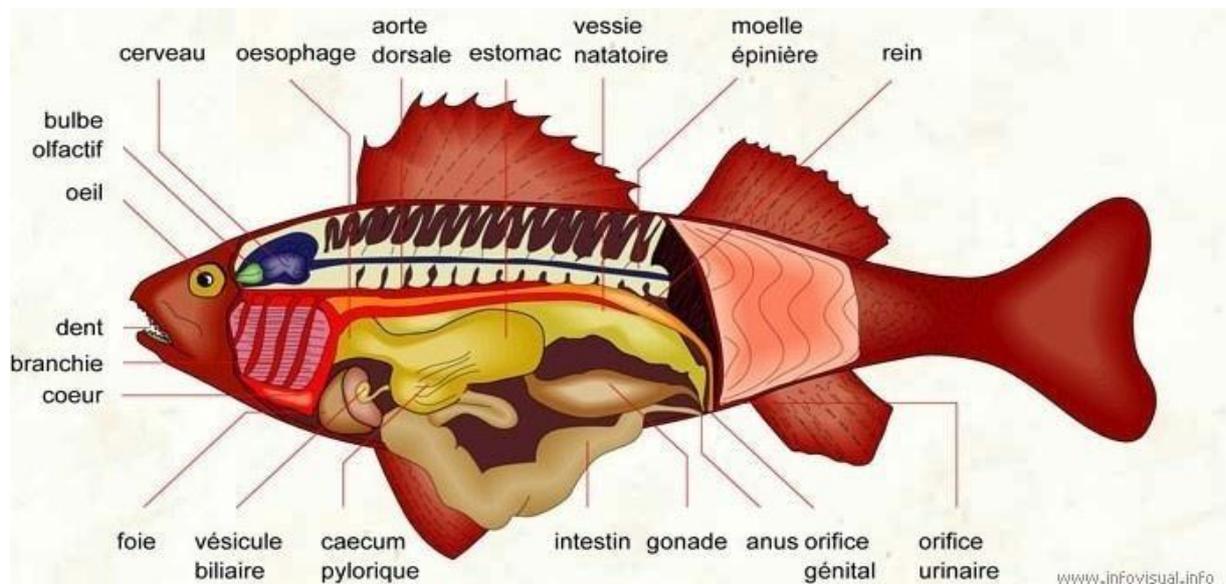


Figure 03 : Anatomie interne poisson osseux (Dictionnaire Visuel, 2016)

1.4. Reproduction

En milieu naturel, lorsque les conditions abiotiques sont bien réunies, les adultes migrent vers une zone peu profonde à substrat meuble (gravier, sable, argile). Après avoir choisi le site d'aménagement de son propre nid, chaque mâle défend agressivement son territoire et creuse avec sa bouche un nid en forme d'assiette. Les femelles vivant en banc à proximité des arènes de reproduction se déplacent entre les mâles et chacun tente d'acquieser son partenaire (**Dhraief, 2005**).

La taille de la première maturité sexuelle d'*O. niloticus* varie généralement entre 14 et 20 cm. Cependant, dans les conditions stressantes, cette espèce peut se reproduire dès l'âge de trois mois, à un poids inférieur à 50 g (**Kestemont et al., 1989**). En outre, la période de reproduction de cette espèce est exponentiellement continue pendant toute l'année si la température de l'eau est supérieure à 22°C.

Une étude réalisée par **Azaza *et al.* (2010)** sur la reproduction du Tilapia du Nil en captivité a montré que ce poisson atteint sa première maturité sexuelle avec une taille égale à 11,3 cm pour les femelles et 12,3 cm pour les mâles.

1.4.1. Dimorphisme sexuel

Chez cette espèce, et très marqué à l'état adulte, la papille génitale des mâles est protubérante en forme de cône et porte un pore urogénital à l'extrémité, alors que chez les femelles, elle est courte et présente une fente transversale au milieu ; c'est l'oviducte situé entre l'anus et l'orifice urétral (Fig. 04). Le mâle se distingue en plus d'un liseré noir en bordure des nageoires dorsale et caudale. Cette caractéristique permet de distinguer aisément les mâles des femelles lorsqu'ils atteignent un poids de 25-30 g et une taille de 10 cm. A maturité, les individus mâles présentent une croissance nettement plus rapide que les femelles et atteignent une taille nettement supérieure (**Adjanke, 2011**).

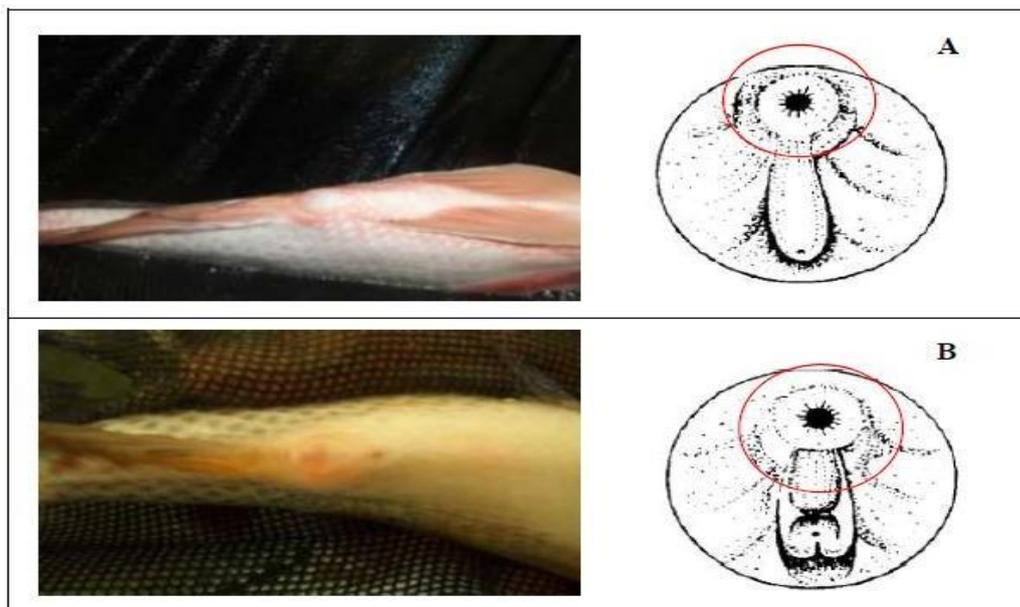


Figure 04 : Dimorphisme sexuel de la papille orifice uro-génital du tilapia du Nil *O. niloticus* des mâles (A) et des femelles (B) (Adjanke, 2011)

1.4.2. Type de reproducteurs

On distingue toutefois deux types de reproducteurs chez les Tilapias (**Trewavas, 1983**) :

a. Les reproducteurs sur substrats (*Tilapia sp.*)

Les reproducteurs sur substrat assurent la ventilation de leurs œufs déposés ou collés sur un substrat de ponte lors de la période de fraie. Cette ventilation est provoquée par un brassage constant de l'eau par des mouvements de nageoires. Au contraire des suivants, les reproducteurs sur substrats sécrètent une substance collante qui permet aux œufs d'adhérer et de ne pas se disperser par les courants d'eau et lors du brassage. Le substrat est nettoyé au

préalable par le couple, parfois creusé en galerie, en cuvette ou en étoile.

b. Les incubateurs buccaux (*Oreochromis sp.*)

Les incubateurs buccaux femelles avalent les œufs fécondés et les placent dans une sorte de goitre, la cavité buccopharyngienne (Fig. 05). Ce comportement est généralement associé à une migration du géniteur dans une zone riche en végétation aquatique et protégée. Les incubateurs buccaux pondent généralement des œufs bien moins nombreux (plusieurs centaines par fécondation) que dans la situation précédente (plusieurs milliers par fécondation).

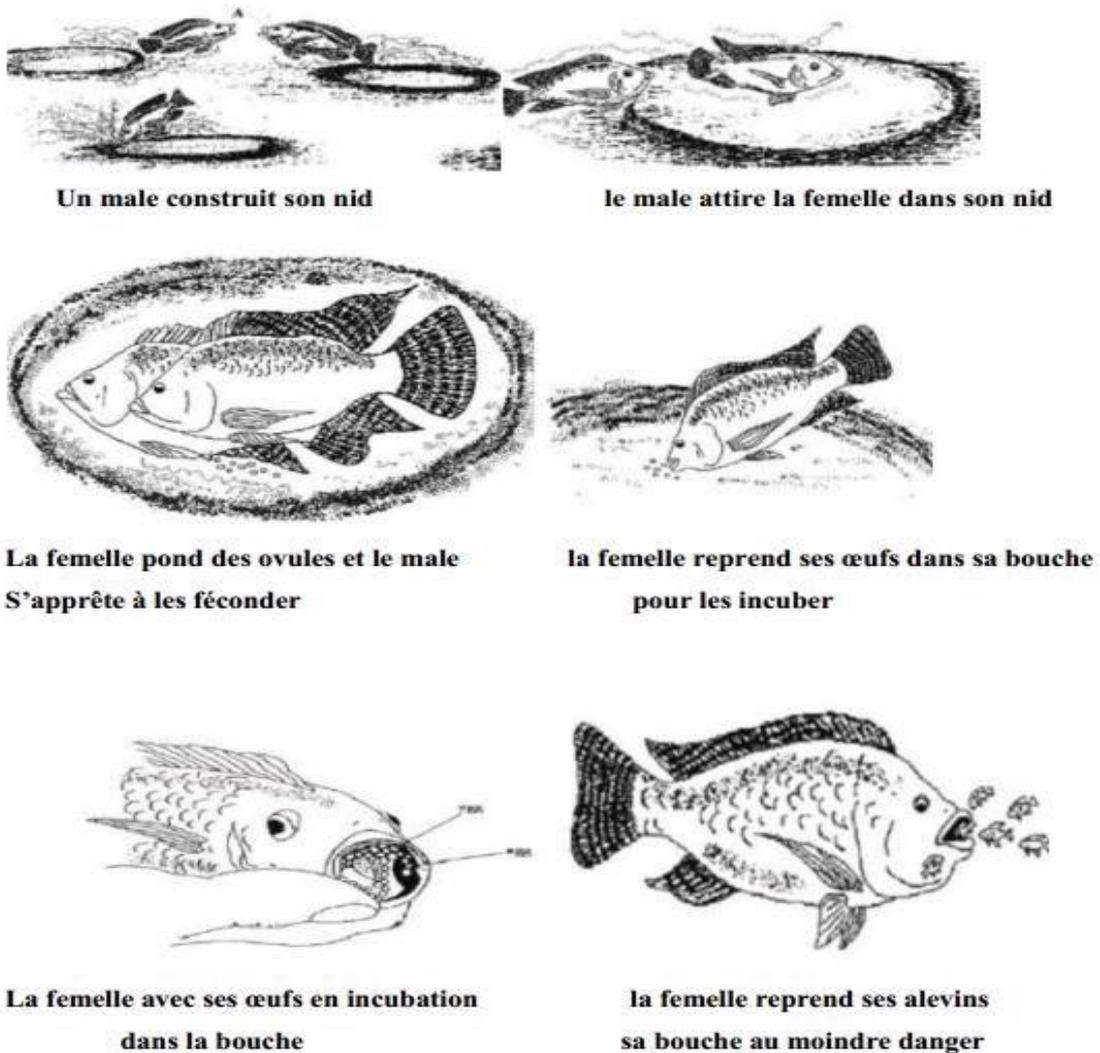


Figure 05 : Reproduction du Tilapia (Baroiller et Jalabert 1989 *In* Abed 2019)

1.4.3. Fécondité

La fécondité absolue est définie comme étant le nombre d'œufs fraîchement récupérés de la cavité buccale d'une femelle. Or, chez les tilapias, comme chez les autres poissons, cette fécondité augmente avec la taille des femelles. Ainsi, selon **Mélard (1986)**, la fécondité absolue minimale observée est de 340 ovules pour une femelle de 26g et la fécondité maximale est de 3500 ovules pour une femelle de 550g. Aussi, **Dhraief (2010)** a prouvé que ce paramètre augmente en fonction de la longueur des femelles. En revanche, **Mélard (1986)** prouve que la fécondité relative (exprimée en nombre d'œufs fécondés ou d'alevins produits/kg de femelle) varie en sens inverse du poids moyen des femelles du tilapia.

1.5. Croissance

En général, le Tilapia du Nil est connu pour sa croissance rapide et présente un indice de croissance plus performant que les autres espèces du tilapia. Sa durée de vie est relativement courte (4 à 7 ans), sa vitesse de croissance est extrêmement variable selon les milieux. Une autre grande caractéristique d'*O. 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. Ainsi, les mâles peuvent vivre longtemps avec une taille de 38 cm pour 2 kg alors que les femelles ne dépassent pas 28 cm pour 950g (**Adjanke, 2011**).

1.6. Régime alimentaire

En milieu naturel, le tilapia est un poisson omnivore. En élevage, cette espèce montre une aptitude de consommer divers produits mais aussi des sous-produits et rejets qui semblent ainsi pouvoir être valorisés directement ou indirectement (fertilisation) tels que : la noix de palmier, les tourteaux de soja ou de coton, la farine de riz, le colza, et la luzerne (**Campbell, 1978**). Des études effectuées sur l'élaboration des aliments secs pour *O. niloticus* par **Derouiche et al. (2009)** ont montré que les meilleurs taux de croissance ont été obtenus par les aliments contenant 20 % et 30 % de farine de poisson, avec des taux de conversion de 1,71 et de 1,49.

2. Ecologie

Le Tilapia *O. niloticus* est une espèce rustique, capable de s'adapter à plusieurs variations des facteurs écologiques du milieu aquatique et colonisant des milieux extrêmement variés (**Pullin et Lowe-McConnell, 1982**). Cependant, il convient de veiller particulièrement à la

qualité de l'environnement aquatique : pH, oxygène, température, turbidité..., variable suivant le type d'élevage et d'autant plus fragile que l'élevage est intensif (**Arrigon, 2000**).

2.1. Potentiel d'hydrogène (pH)

Selon **Varadaraj et al., (1994)**, le pH idéal pour le Tilapia *O. niloticus* se situe entre 6.5 et 8.5 cependant l'espèce s'est montrée tolérante aux variations du pH puisque l'espèce se rencontre dans des eaux présentant des valeurs du pH de 5 à 11.

2.2. Salinité

O. niloticus est une espèce qui tolère une salinité jusqu'à 15‰. Cependant l'animale devient sensible aux maladies et subit du stress au-delà de 20‰ et devient incapable de se reproduire à partir de 15 à 18 ‰ (**Malcom et al., 2000**).

2.3. Oxygène dissous

Pour la concentration en oxygène dissous, cette espèce tolère à la fois des déficits et des saturations importantes. Ainsi jusqu'à 3mg/l d'oxygène dissous, *O. niloticus* ne présente pas de difficulté métabolique particulière mais lorsque la concentration d'oxygène dissous est inférieure à 3mg/l. Il n'empêche que cette espèce peut supporter, sur de courtes périodes, de faibles concentrations en oxygène dissous. L'optimum requis est de 5 mg/l (**Malcom et al., 2000**).

2.4. Composés azotés

La concentration des déchets azotés excrétés par les branchies et l'urine est en fonction de la température, taille des poissons, concentration de l'ammoniaque dans le milieu et la qualité de l'aliment, et doit être maintenue inférieure au seuil critique de tolérance d'*O. niloticus*. Elle ne doit pas dépasser 5 mg/l pour les nitrites, 500 mg/l pour les nitrates, 200 mg/l pour les matières en suspension (**Malcom et al., 2000**).

2.5. Température

O. niloticus est une espèce thermophile, se rencontre en milieu naturel entre 13,5 et 33°C mais l'intervalle de tolérance thermique observé au laboratoire est plus large : 7 à 41 °C pendant plusieurs heures (**Balarin et Hatton, 1979**).

Tilapia du Nil est un poisson benthopélagique, qui vit dans des eaux chaudes. Son origine tropical et subtropical reflète ses exigences thermiques ; la croissance de ce poisson cesse à une température inférieure à 16 °C et ne peut pas survivre au-delà de quelques jours à des températures inférieures à 10 °C (**Chervinsk, 1982**). Tandis qu'il tolère des hauts degrés de température, supérieurs à 40 °C (**Azaza, 2004**).

Cependant les meilleures performances de croissance sont observées à des températures allant de 28 à 31 °C (**Denzer, 1968**).

3. Contrôle du sexe chez le Tilapia

3.1. Sexage

Le sexage consiste à déterminer le sexe des poissons et à les trier en fonction du sexe. Cette opération est indispensable dans un élevage commercial parce que le tilapia est un reproducteur précoce qui se reproduit souvent (**Arrigon, 2000**).

Le sexage manuel précoce est basé sur le dimorphisme sexuel de la papille urogénitale (**Arrigon, 2000**). Cette méthode n'est cependant réalisable que sur des individus de 30 à 50g chez *O. niloticus* (**Lazard, 1980**). L'élevage des femelles (environ 50% de la population) jusqu'à ce stade de sexage mobilise non seulement une partie des infrastructures d'élevage mais aussi consomme la moitié des coûts d'alimentation. Cette technique de sexage requiert également une main d'œuvre qualifiée et du temps, avec des risques d'erreurs estimés à environ 2,7 à 10% (**Lazard, 1980**).

3.2. Hybridation

L'Hybridation entre deux espèces peut donner une population monosexue mâle. **Hickling (1960)** fut le premier à réussir à produire une descendance 100% mâle issue d'un croisement entre deux espèces différentes du tilapia *O. mossambicus* femelle (XX) et *O. hornorum* mâle (ZZ). De même des populations monosexes mâles furent obtenues après croisement entre *O. niloticus* (XX) et *O. aureus* (ZZ) (**Wohlfarth et al., 1990 ; Wohlfarth, 1994 in Ouedraogo, 2008**).

Cependant, l'aspect de ces hybrides est peu apprécié des consommateurs (coloration très foncée) et leur croissance faible. De plus, ces croisements ne produisent pas toujours 100% de populations monosexes mâles (**Mires, 1977 ; Wohlfarth, 1994 in Ouedraogo, 2008**).

3.3. Production d'individus mâles par des traitements hormonaux

L'application des traitements hormonaux sur des alevins, peu de temps après l'éclosion (5 à 6 jours) et couvrant toute la période de différenciation sexuelle, avec des stéroïdes sexuels incorporés dans l'aliment ou par balnéation permet la production de cohortes monosexes mâles (**Yamamoto, 1953 ; Clemens et Inslee, 1968 ; Guerrero, 1982 ; Hunter et Donaldson, 1983 ; Pandian et Varadaraj, 1987 in Ouedraogo, 2008**).

3.4. Manipulations chromosomiques

Les manipulations chromosomes présentent de grandes possibilités pour le contrôle du sexe. Elles procèdent par la gynogenèse.

La gynogenèse est un type de parthénogenèse ou un œuf est activé par un spermatozoïde génétiquement inactif (**Thorgaard, 1983**). Ainsi un développement embryonnaire est induit

sans la contribution génétique du spermatozoïde. Les poissons produits par gynogenèse sont haploïdes.

La diploïde est rétablie à la métaphase II de la méiose (**Purdom, 1983**). Ces procédés de production de populations monosexes sont appliqués avec succès chez la carpe commune (**Komen et al., 1991**), le poisson chat *Ictalurus punctatus* (**Goudie et al., 1995**) et à l'échelle commerciale dans les élevages de tilapia *O. niloticus* (**Bruslé et Bruslé, 1983 ; Penman et al., 1987 in Ouedraogo, 2008**).

4. Répartition géographique

Selon **Lazard (1980)**, la famille des Cichlidés est largement répartie en Afrique (y compris à Madagascar) et en Palestine, en Amérique du Sud et centrale, dans le sud de l'Inde et au Sri Lanka.

Cependant, les Tilapias provenaient exclusivement du continent africain (hors Madagascar) et de Palestine (vallée du Jourdain et rivières côtières). En Afrique, ils ne sont absents que dans l'Atlas du Nord et du sud-ouest de l'Afrique (**Philippart et Ruwet, 1982**).

5. Production mondiale

La production mondiale du tilapia a connu un essor continu depuis les années 1990 (**FAO 2020**). En effet, la production mondiale a augmenté de 970 646 millions de tonnes en 2000 à 4 199 566 millions de tonnes en 2016 (Fig. 6). La Chine est de loin le plus grand producteur du tilapia du Nil. En 2003, la production chinoise annuelle a grimpé jusqu'à presque 806 000 tonnes et l'Égypte a signalé une production d'environ 200 000 tonnes, alors que les Philippines, la Thaïlande et l'Indonésie ont produit 111 000 tonnes, 97 000 tonnes et 72 000 tonnes respectivement (**FAO, 2020**).

Au début du 20^{ème} siècle et pour augmenter la production de la protéine animale, une série d'introduction et d'acclimatation de cette espèce a eu lieu dans divers pays ; et en Algérie, cette introduction est très récente (Avril 2002) et a porté sur 4000 alevins et 200 géniteurs importés d'Égypte (**Ait Hamouda, 2005**).

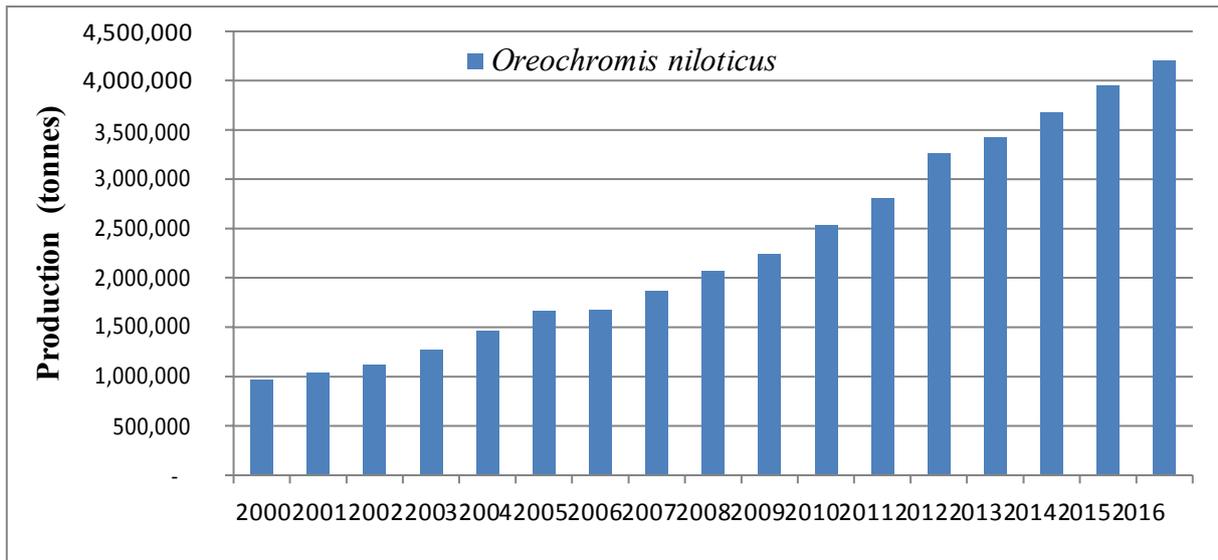


Figure 06 : Production mondiale du Tilapia (FAO, 2020).

Chapitre II : Synthèse de quelques connaissances scientifiques

1. Synthèse des travaux d'Adjout et Zouakh (2006 *in* Zouakh, 2009)

Cette étude a porté sur la technique d'inversion hormonale du sexe d'*Oreochromis niloticus*, cela consiste à obtenir une population d'individus phénotypiquement identiques par administration de stéroïdes sexuels. En effet, ils ont tenté de masculiniser des d'alevins d'*O. niloticus* à l'aide d'une hormone masculinisante pour contrôler son élevage et étudier son taux de croissance afin de démontrer l'importance des élevages monosexes de populations du Tilapia pour optimiser les systèmes de production.

1.1. Matériel et méthodes

L'expérience s'est déroulée en trois phases :

1ère phase : Reproduction des géniteurs dans les Raceways

Les géniteurs sont sélectionnés en fonction de leurs tailles et de leurs poids pour former un lot homogène et éviter toute agressivité entre les individus.

2ème phase : Inversion sexuelle sur les larves (4 semaines dans les aquariums)

300 larves ont été prélevées et réparties équitablement dans 3 aquariums. Les 3 lots ont été élevés de la même façon et ont été soumis aux mêmes conditions. La seule variante est la présence ou pas d'hormone dans l'aliment ainsi que la durée du traitement.

Les 3 lots de larves ont été nourris comme suit :

- Le lot 01 (témoin) : nourri pendant toute l'expérience avec un aliment artificiel dépourvu d'hormone ;
- Le lot 02 est un essai basé sur l'expérience égyptienne, il a été nourri avec l'aliment traité à l'hormone 17 α -méthyltestostérone pendant une semaine. A cet effet, des larves avec leurs sacs vitellins ont été choisies pour leur éviter d'ingérer un aliment exogène ;
- Le lot 3 a été traité avec la même hormone pendant 4 semaines.

3ème phase : Pré-grossissement des alevins durant 12 semaines dans des bassins circulaires

Après 3 mois d'élevage, les poissons ont été soumis à un sexage manuel pour déterminer leur sex-ratio, puis à des squashes gonadiques.

- **Sexage manuel** : par examen de la papille urogénitale.
- **Squash gonadique** : Lorsque les caractéristiques histologiques de la différenciation gonadique femelle et mâle sont bien engagées, tous les alevins ont été disséqués pour examiner leurs gonades sous microscope. La présence

d'ovocytes prévitellogéniques ou vitellogéniques définit l'appareil génital femelle et celles de formes lobulaires ou des amas de spermatozoïdes caractérisent la présence de tissus testiculaires et par conséquent le sexe phénotypique.

1.2. Résultats et discussion

Les résultats du sexage manuel et du squash gonadique pratiqués sur les individus d'*Oreochromis niloticus* figurent dans le tableau 1.

Tableau 01 : Résultats du sexage manuel et du squash gonadique (Adjout et Zouakh, 2006)

	Effectif au sexage	Survie (%) Ni=100)	Sexage manuel					Squash gonadique				
			♂	♀	Ind	♂♀	♂ (%)	♂	♀	Ind	♂♀	♂ (%)
Lot 01	66	66	24	36	6	0	36,36	31	26	9	0	46,96
Lot 02	27	27	20	3	4	0	74,07	13	3	0	11	48,14
Lot 03	25	25	24	1	0	0	96	24	1	0	0	96

L'expérience de l'inversion du sexe par hormone a été réussie pour le lot 3 (traité à l'hormone pendant un mois), un sex-ratio de 1/0 (mâle/femelle) a été obtenu par rapport au lot témoin qui présente un sex-ratio de 1/1. Le deuxième lot (traité à l'hormone pendant une semaine) a présenté le même sex-ratio de 1/1, ce qui signifie que l'inversion sexuelle, dans ce lot, n'a été pas produite ou était incomplète.

2. Synthèse des travaux de Seck *et al.* (2018)

Ce travail a été réalisé pour produire et fournir en quantité suffisante des alevins mono-sexe mâles de qualité aux producteurs et de transférer la technologie aux agences d'exécution de l'aquaculture et aux promoteurs privés. Pour ce faire, une activité de production en masse d'alevins mâles de la souche locale du Tilapia du Nil de la vallée du fleuve Sénégal a été testée en ajoutant l'hormone 17 α -méthyltestostérone dans l'aliment fourni à des alevins.

2.1. Matériel et méthodes

1ère phase : Reproduction des géniteurs

Les poissons sont triés par sexe à partir de l'observation de leurs papilles génitales à l'œil nu (Fig. 07). Cette identification a permis de sélectionner pour l'étude 210 femelles et 72 mâles pour la reproduction et de les stocker dans 6 bassins en béton de 10 m³ de volume chacun, répartis en 3 lots avec un ratio de 3 femelles pour 1 mâle.

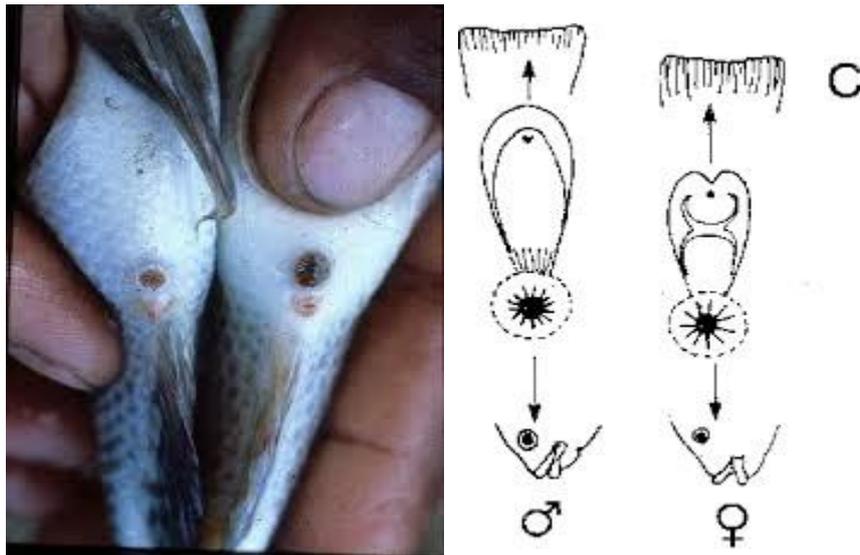


Figure 07 : Identification des géniteurs mâles et femelles (Hamouda, 2005 *in* Seck *et al.*, 2018).

2ème phase : Inversion sexuelle des larves

Quarante-mille (40000) larves ont été récoltées et ensuite transférées vers 10 bacs en fibre de verre de 2 m³ pour l'inversion hormonale, 4000 larve chacun. Les alevins sont alimentés 6 fois par jour à 25% de leur biomasse totale durant les 10 premiers jours après la résorption de leur vésicule vitelline. Entre le 11 et le 20ème jours, la quantité d'aliment fournie est ramenée à 20% de la biomasse. Du 21ème au 28ème jour, elle ne sera que de 15%. Après les 28 jours d'inversion, les alevins sont estimés puis transférés dans 7 bassins en béton de 10 m³.

3ème phase : Détermination du taux d'inversion

Après 3 mois d'alevinage, des échantillonnages sont effectués pour déterminer le taux d'inversion par observation directe de la papille génitale et par squash gonadique sur un nombre de 100 individus par bassin.

2.2. Résultats et discussion

Après 3 mois d'alevinage, un nombre de 21168 alevins mâles inversés sur les 40000 initial est obtenu, ce qui nous donne un taux de survie d'environ 53%.

Les taux de réussite de l'inversion dans les bassins de 1 à 7 sont présentés dans la Figure 08.

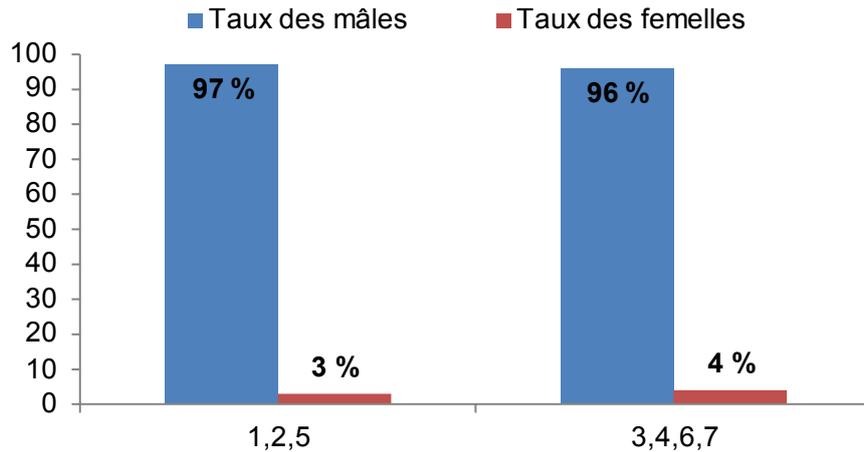


Figure 08 : Taux d'inversion des alevins dans les 07 bassins.

Les points notés sur l'expérimentation et les résultats :

- ***Inversion hormonale :***

21168 alevins mâles inversés ont été produits sur 6 mois (mai à octobre 2017). Ceci montre l'efficacité de l'hormone 17α -MT sur les alevins.

- ***Taux de survie et croissance :***

Au cours de l'expérience, des taux de survies faibles (53%) ont été enregistrés. Ceci pourrait être dû aux difficultés de maîtriser les paramètres physico-chimiques de production.

De manière générale, la croissance des alevins inversés est assez forte, avec des poissons de 200 g en 2 mois 15 jours. Ces derniers, tous mâles, ont été mis dans un happa afin de minimiser les possibilités de cannibalisme.

Cette étude a permis de produire 21168 alevins mâles inversés, mais avec un taux de mortalité haut de 47%. Cette production aurait pu être dépassée si l'écloserie était équipée en station de pompage et filtration permanentes des eaux du fleuve, de thermostat pour réguler la température de l'eau dans les bacs de conditionnement des géniteurs, de groupes électrogènes pour assurer la fourniture continue en électricité, l'acquisition d'aliment de qualité et de meilleures souches de tilapia.

3. Synthèse des travaux de Khemis et Maamri (2019)

Dans cette expérience qui s'est déroulée au niveau du CNRDPA, l'inversion sexuelle a été réalisée par deux manières différentes en utilisant l'hormone et le choc thermique.

3.1. Matériel et méthodes

1ère phase : Reproduction des géniteurs dans les Raceways

Trente-deux tilapias du Nil (*O. niloticus*) sexuellement matures ont été répartis sur deux raceways à raison de 4 mâles et 12 femelles chacun (ration 1 mâle pour 3 femelles)

Les géniteurs ont été nourris deux fois par jour (avec une alimentation en granulés de 50 % de protéine brute).

2ème phase :

Des larves du Tilapia du Nil fraîchement écloses ont été collectées, contrôlées, puis distribuées au hasard à raison de 100 larves par aquarium. Deux traitements de masculinisation ont été exercés sur les larves pendant 30 jours :

- Un traitement par choc thermique, en exerçant des températures élevées atteignant jusqu'à 36 °C.
- Un traitement hormonal en utilisant de la testostérone sous sa forme de décanoate de testostérone (C₃₀H₄₈O₃) dans l'alimentation des larves.
- Un témoin qui n'a subi aucun traitement de masculinisation.

3ème phase :

Après la période de traitement, les poissons ont été transférés dans trois happas installés dans un raceway, et ont été maintenus pendant une période de 2 mois, les poissons ont été soumis à un sexage manuel pour déterminer leur sex-ratio.

3.2. Résultats et discussion

Les résultats du squash gonadique pratiqués sur les individus *d'Oreochromis niloticus* figurent dans le tableau 02.

Tableau 02 : Résultats du squash gonadique (Khemis et Maamri. 2019)

Traitements	Effectif initial	Effectif disséqué	Squash gonadique			
			♂	♀	Mâles (%)	Femelles (%)
Thermique	100	98	57	41	58.16	41.83
Hormone	100	98	64	34	65.3	34.69
Témoin	100	81	25	56	30.86	69.13

Le taux de survie du lot témoin était plus faible comparativement à ceux des lots traités à la testostérone et au choc thermique, ceci est dû probablement au nombre important de femelles existantes dans le témoin sachant que les femelles sont plus vulnérables que les Mâles.

Les résultats obtenus sont considérés comme satisfaisant, mais en comparaison avec des travaux précédant, les taux de masculinisation par l'hormone sont plus faibles par rapport aux

taux enregistré par **Adjout et Zouakh (2006)** avec 96 %, ainsi par **Seck *et al.* (2018)** avec 97% ;

En ce qui concerne les résultats de masculinisation par traitement thermique, ils sont également faibles en comparaison avec ceux obtenus par (**Elsayed 2013 in Khemis et Maamri 2019**), avec un taux de 81% à 36 °C.

L'expérience de l'inversion du sexe est réussie pour le tilapia traité à l'hormone pendant 30 jours, un sex-ratio de 2/1 (mâle/femelle) a été obtenu par rapport au lot témoin qui présente un sex-ratio de 1/2 (mâle/femelle), ce qui signifie que l'inversion sexuelle hormonale est plus efficace que celle thermique.

4. Synthèse des travaux de Ouedraogo (2009)

Le but de cette expérimentation est de tester l'efficacité de deux hormones 17α -méthyltestostérone à 30 $\mu\text{g/g}$ d'aliment et 17α -éthinyloestradiol à 150 $\mu\text{g/g}$ d'aliment, sur l'inversion sexuelle du Tilapia *O. niloticus*. L'efficacité des traitements a été comparée dans trois structures différentes d'élevage (Aquarium, Bassin et Happas).

4.1. Matériel et méthodes

1ère phase (Reproduction des géniteurs dans les Raceway) : 60 géniteurs (15 mâles et 45 femelles) ont été mis en reproduction dans un étang de 250 m². Après deux semaines d'élevage, les alevins sont récoltés journalièrement à l'aide d'une épuisette.

2ème phase : Inversion sexuelle sur les larves : Principalement deux conditions d'élevage ont été adoptées pour la présente étude : les conditions de laboratoire avec un contrôle de certains paramètres, et les conditions du milieu naturel.

- **Au laboratoire :** Au total 1200 alevins sont repartis dans six aquariums de 200 litres à raison de 200 individus par aquarium.

Les 6 lots sont nourris comme suit :

- Les lots 1 et 2 sont nourris pendant toute l'expérience avec un aliment artificiel dépourvu d'hormone ;
 - Les lots 3 et 4 sont nourris avec l'aliment traité à l'hormone 17α -Méthyltestostérone ;
 - Les lots 5 et 6 sont nourris avec l'aliment traité à l'hormone 17α -Ethinyloestradiol.
- **Eleavage en happas :** Trois happas ont été utilisés à raison de 1000 individus par happas, les happas sont répartis comme suit :

- Deux happas avec des individus traités à la 17 α -méthyltestostérone ont été répartis dans un même étang ;
- Le troisième happas témoin a été placé dans un étang différent.
- **Elevage en bassins** : Trois bassins ont été utilisés à raison de 1000 individus par bassin, les bassins sont répartis comme suit :
 - Deux bassins avec des individus traités à la 17 α -méthyltestostérone ;
 - Le troisième bassin contient le lot témoin.

La ration alimentaire appliquée est de 30% de la biomasse/jour jusqu'à 30 j après l'éclosion puis de 20% de la biomasse/jour jusqu'à la fin de l'expérience.

3^{ème} phase Pré-grossissement des alevins jusqu'à 45 jours après l'éclosion, puis les poissons sont soumis à des squashes gonadiques.

4.2. Résultats et discussion

Les résultats du sexage par squash gonadique pratiqués sur les individus *d'Oreochromis niloticus* figurent dans le tableau suivant :

Tableau 03 : Résultats du sexage manuel et du squash gonadique (Ouedraogo, 2009)

	17 α -méthyltestostérone			17 α -éthynylœstradiol			témoin		
	Mortalité	♂	♀	Mortalité	♂	♀	Mortalité	♂	♀
Aquarium	20%	90%	10%	50%	20%	80%	30%	50%	50%
Happas	0%	70,22%	29,78%	/	/	/	0%	52%	48%
Bassins	20%	75,33%	24,67%	/	/	/	40%	49%	51%

Ces traitements qui ont lieu dans des milieux différents ont conduit à des résultats très intéressants. En effet, au terme de ces expérimentations, il y a lieu de retenir ceci :

- Le pourcentage de mâles dans les aquariums où les alevins sont traités à la 17 α -méthyltestostérone est de 90% et diffère significativement (X^2 ; $p < 0,05$) de celui du lot témoin (50%).
- Le sex-ratio dans les lots témoins est d'environ 50% de mâles et 50% de femelles.
- Les résultats des traitements hormonaux obtenus en happas montre que le pourcentage de mâles (70,22%) des lots traités à la 17 α -méthyltestostérone est significativement ($p < 0,05$) différent de celui du lot témoin (52%).
- Les résultats des traitements hormonaux obtenus en bassin montrent que chez les alevins ayant subi les traitements à la 17 α -méthyltestostérone, le sex-ratio a une orientation en

faveur du sexe mâle. Le pourcentage des mâles traités (75,33 %) diffère significativement de celui observé chez le lot témoin (49%).

Le traitement hormonal des populations d'*O. niloticus* a permis d'obtenir une déviation significative du sex-ratio vers le sexe mâle et femelle avec la 17 α -méthyltestostérone à 30 $\mu\text{g/g}$ d'aliment et la 17 α -éthynylœstradiol à 150 $\mu\text{g/g}$ d'aliment respectivement.

Bien que les traitements n'aient pas donné 100% de mâles ou de femelles, les taux obtenus en aquarium (90%) montrent bien que la dose utilisée est efficace pour induire l'inversion hormonale du sexe.

5. Comparaison des résultats

L'essentiel des résultats obtenus par les quatre études précédentes est synthétisé dans le tableau 04. Le meilleur taux de masculinité qui est 96 % a été obtenu par les travaux d'**Adjout et Zouakh (2006)** et de **Seck et al. (2018)**. Par ailleurs, le meilleur taux de survie a été réalisé par le travail de **Ouedraogo (2009)** dans les structures d'élevage Happas.

Tableau 04 : Comparaison des résultats.

Les expériences		Taux de survie	% ♂
Adjout et Zouakh (2006) 17 α -méthyltestostérone	Témoin	66 %	47 %
	Nourrit 1 semaine	27 %	48 %
	Nourrit 4 semaines	25 %	96 %
Seck et al. (2018) 17 α -méthyltestostérone	Hormone (17 α -méthyltestostérone)	53 %	96 %
Khemis et Maamri (2019)	Thermique	98 %	58 %
	Hormone (testostérone)	98 %	65 %
Ouedraogo (2009) 17 α -méthyltestostérone à 30 $\mu\text{g/g}$	Aquarium	80 %	90 %
	Happas	100 %	70 %
	Bassins	80 %	75 %

Conclusion

Conclusion

Les études qui ont été effectuées, nous ont permis de confirmer que l'inversion hormonale du tilapia est, en effet, une technique d'élevage indispensable pour la rentabilité des fermes en mode intensif.

A l'issue de cette synthèse bibliographique, les informations recherchées montrent que le traitement hormonal des populations d'*O. niloticus* a un impact positif sur l'espèce qui nous permet d'obtenir une déviation significative du sex-ratio en faveur du sexe mâle et une forte croissance de ce dernier.

Cependant, malgré la rusticité du *Tilapia nilotica*, ce poisson demande des paramètres précis pour avoir de meilleurs résultats car l'efficacité augmente avec la maîtrise des facteurs environnementaux tels que la température, la luminosité et la qualité de l'eau. En effet, l'efficacité des traitements hormonaux varie selon le milieu et les conditions environnementales dans lesquelles les structures d'élevage sont gardées comme elles varient aussi selon la dose d'hormone $17\ \alpha$ -méthyltestostérone dans l'aliment utilisé pour le traitement et selon la durée du traitement hormonal.

Pour finir, et après une comparaison des résultats obtenus dans les expérimentations précédentes, on constate que l'inversion hormonale avec la $17\ \alpha$ -méthyltestostérone à $30\ \mu\text{g/g}$ dans un environnement contrôlé donne de meilleurs résultats en taux de survie et aussi en pourcentage des mâles obtenus.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **Adjanke, A., (2011).** Consultant en zootechnie et aquaculture. Production d'alevins et gestion de ferme piscicole. c.t.o.p coordination togolaise des organisations paysannes et de producteurs agricoles. 32 p.
- **Ait Hamouda, I. (2005).** Contribution a l'étude de l'inversion sexuelle chez une espèce de poisson d'eau douce : Tilapia (*Oreochromis niloticus*). Mémoire d'Ingéniorat. ISMAL, Alger. Disponible : https://www.memoireonline.com/07/09/2320/m_CONTRIBUTION-A-LETUDE-DE-LINVERSION-SEXUELLE-CHEZ-UNE-ESPECE-DE-POISSON-DEAU-DOUCE--TILAPIA-Or0.html
- **Arrigon, J.(2000).** Pisciculture en eau douce : le Tilapia. LE technicien d'agriculture tropicale. *Maisonneuve et Larose* : 125 p.
- **Azaza, M. Legendre, M., Kraiem, M., & Baras, E. (2010).** Size-dependent effects of daily thermal fluctuation on the growth and size heterogeneity of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*, *Journal of Fish biology*, 76(3), 669-683.
- **Azaza, M.S. (2004).** Tolérance a la température et a la salinité chez le Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus* L., 1758) en élevage dans les eaux géothermales du sud tunisien. Master Thesis, FST, 110 pp.
- **Balarin J.D et Hatton J.D. (1979) :** Tilapia : A guide to thier biology and culture in Africa. Unit of Aquatic Pathobiology, Starling University. P 174.
- **Baroiller J.F., (1988).** Etude corrélée de l'apparition des critères morphologiques de différenciation de la gonade et de ses potentialités stéroïdogènes chez Orochromis niloticus. Thèse dr., Univ. Pierre-et-Marie-curie, Paris. Pp.89.
- **Campbell, D. (1978).** Formulation des aliments destines a l'élevage de tilapia nilotica en cages dans le lac de kossou côte d'ivoire., Disponible_ <http://www.fao.org/3/AC424F/AC424F00.htm>
- **Chervinski, J., (1982).** Environmental physiology of tilapia. In : Pullin, R. S. V., Lowe-McConnell, R.H. (Eds.), *The Biology and Culture of Tilapia*. ICLARM Conference Preceeding. Vol. 7, Manila, Philippines, PP. 119-128.
- **Denzer H.W., (1968).** Studies on the physiology of young Tilapias. *Fao ; Fish. Rep.* 4, p 356-366.
- **Derouiche E., Azaza, M. S. & Kraiem, M. (2009).** Essai d'acclimatation du Tilapia du Nil,

- Oreochromis niloticus* dans la retenue de barrage de Lebna (Cap bon, Tunisie). *Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô*, 39, 87-92 (Disponible à l'adresse: www.instm.agrinet.tn/images/Bulltin/Bull.2009/9%20emna.doc)
- **Dhraief, M. (2005).** Reproduction du tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (L. 1758) [Teleostei, Cichlidae], en captivité dans les eaux géothermales du sud Tunisien : Effet de quelques facteurs démographiques et environnementaux, Mastère en Aquaculture et Biotechnologie Marine, Institut Supérieur de Biotechnologie de Monastir SBM, Univ de Monastir (Tunisie), 103 p.
 - **Dhraief, M., Azaza, M. S. & Kraiem, M.. (2010).** Etude de la reproduction du Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (L.) en captivité dans les eaux géothermales du sud tunisien, **46 Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô**, 37, 89-96. (PDF disponible sur <http://www.instm.agrinet.tn/images/Bulltin/Bull.2010/11.pdf>)
 - **FAO, (2020).** http://www.fao.org/fishery/culturedspecies/Oreochromis_niloticus/fr
 - **FAO, (2020).** <http://www.fao.org/state-of-fisheries-aquaculture>
 - **Goudie C.A., Simco B.A., Davis K.B., (1995).** Failure of gynogenetically driven male channeled catfish to produce all-male offspring. In : Goetz F.W., Thomas O. (Eds.), Proc. Fifth Int. Symp. Reprod. Physiol. Fish, Austin, p. 118.
 - **Hickling C. F., (1963).** The cultivation of tilapia. *Sci. Am.* 208(5): 143-152.
 - **Kestemont, P., Micha, J., & Falter, U. (1989).** Les méthodes de production d'alevins de Tilapia Nilotica, programme de mise en valeur et la coordination de l'aquaculture. Organisation des nations unies pour l'Alimentation et l'Agriculture ADCP/REP/89/46, FAO, Rome. P132. (disponible sur : <http://www.fao.org/docrep/t8655f/t8655f00.htm>)
 - **Khemis S. & Maamris S., (2019).** Inversion sexuelle chez *Oreochromis niloticus* Mémoire d'Ingénieur. (CNRDPA) Hassi Ben Abdellah, Ouargla.
 - **Komen J., Bongers A. B.J., Van Muiswinkel W. B., Huisman E. A., (1991).** Gynogenesis in common carp (*Cyprinus carpio* L.). II. The production of homozygous gynogenetic clones and F1 hybrides. *Aquaculture* 92, 127-142.
 - **Lazard J., (1980).** Transfert de poisons et développement de la production piscicole. Exemple de 3 pays d'Afrique Subsaharienne. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, 23 : 251-265.
 - **Le Dictionnaire Visuel, (2016).** Anatomie interne d'un poisson osseux (visiter le 01/09/2020) Disponible : <https://infovisual.info/fr/biologie-animale/anatomie-interne-dun-poisson-osseux>

- **Léveque, C. Paugy, D. Teugels, G.G. (1992).** Faune des poissons d'Eau Douces et Soumâtres de L'Égypte de L'ouest (2nd edn). Musté Royal de l'Afrique Centrale et ORSTOM : Tervuren et Paris.
- **Malcom, C., Beveridge, H. et McAndrew, B. (2000).** Tilapias : biologie and exploitation. Institute of aquaculture. University of Stirling, Scotland.
- **Mélard c., Ducarme c., Lasserre J., (1989)** : Technologie de l'élevage intensif du tilapia : reproduction-croissance-nutrition-production-pathologie-aspects économiques. Editeurs (laboratoire de démographie des poissons et de pisciculture, CERER - Pisciculture). Tihange, Belgique
- **Mélard, C. (1986).** Les bases biologiques de l'élevage du Tilapia du Nil, *Cah. Ethol. Appl.*, 6 (3), 224 p.
- **Ouedraogo C., (2008).** Inversion hormonale du sexe par la méthyltestosterone et l'éthinylestradiol chez le tilapia *Oreochromis niloticus* L. Mémoire d'Ingénieur. (CIDRES) Burkina Faso.
- **Philippart, J. C. and Ruwet, J.C.,(1982).** Ecology and distribution of Tilapias. In : Pullin, R. S. V., Lowe-McConnell, R.H. (Eds.), *The Biology and Culture of Tilapia*. ICLARM Conference Preceeding. Vol 7, Manila, Philippines, PP. 15-59.
- **Pullin, R. S. V., Lowe-McConnell, R.H. (1982),** *The Biology and Culture of Tilapia*. ICLARM Conference Preceeding. Vol 7, Manila, Philippines, P 432. (disponible : https://books.google.dz/books?hl=en&lr=&id=-_rtoFIImzoC&oi=fnd&pg=PR5&dq=The+Biology+and+Culture+of+Tilapia&ots=Le_nG_WED_y&sig=oeHhBn1XFiqftJk09MCh2Nqd2LA&redir_esc=y#v=onepage&q=The%20Biology%20and%20Culture%20of%20Tilapia&f=false)
- **Purdom C. E., (1983).** Genetic engineering by the manipulation of chromosomes. *Aquaculture* 33, 287-300.
- **Ridha, M.T., (2006).** Comparative study of growth performance of three strains of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, L. at two stocking densities. *Aquaculture Research* 37, 172-179
- **Ruwet, J.c., (1962).** La reproduction des *Tilapia macrochir* (Bigr) et *Tilapia melanopleura* (Dum) au lac de barrage de la Lufira (Haut Katanga). *Rev. Zool. Bot. Afr.* 66 : 244-271.
- **Seck M., Diadhiou H., Ndao P., Diouf T., Niane A., (2018).** Production en masse d'alevins mâles de Tilapia *Oreochromis niloticus* de la vallée du fleuve Sénégal à partir

- de l'aliment hormoné au 17 α -méthyltestostérone. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 12(5): 2236-2243.
- **Swingle, H. S. (1960).** Comparative evaluation of two tilapias as pondfishes in Alabama. *Trans. Amer. Fish. Soc.* 89 (2): 142-148.
 - **Thorgaard G. H., (1983).** Chromosome set manipulation and sex control in fish. In : Hoar W. S., RANDALL D. J., DONALDSON E. M. (Eds.), *Fish Physiology*, vol. IX, Academic Press, New York, pp. 405-434.
 - **Trewavas, E. 1983.** Tilapiine fishes of the genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. London, British Museum (Natural History). 583 pp
 - **Tsadik, G.C., Bart, A.N., (2007).** Effect of feeding stocking density and water-flow rate on fecundity, spawning frequency and egg quality of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus* (L.). *Aquaculture* 122, 237-248
 - **Varadaraj K., Sindhu Kumari, S., and Pandian, T. J. (1994).** Comparaison of conditions hormonal sex reversal of Mozambique Tilapias. *Progressive Fish-culturist* 56 : 81-90.
 - **Zouakh D., (2009).** Hydrosystèmes continentaux d'Algérie et valorisation de leurs ressources ichtyologiques. Thèse de doctorat. USTHB, Alger.