

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
MINISTERE DE L'ENSEINGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA
RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المعهد الوطني لعلم البحار و تهيئة الساحل
INSTITUT DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT DU
LITTORAL



MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION D'UN DIPLOME
D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : Aquaculture

SUJET :

CONTRIBUTION A L'ETUDE DE L'INVERSION SEXUELLE CHEZ UNE
ESPECE DE POISSON D'EAU DOUCE : TILAPIA (*Oreochromis niloticus*)

Présenté par :

Melle : Ait Hamouda Ibticem

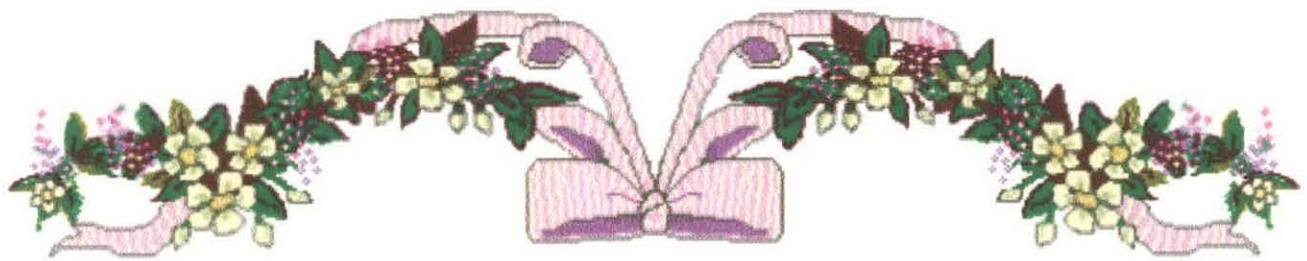
et

Mr : Chergui Ahmed

Soutenu le 21 septembre 2005 devant la commission d'examen formée de :

Président :	M ^r SEFIANE O.	2002	ISMAL
Examineur :	M ^r REFES W.	2002	ISMAL
Examineur :	M ^r BOUAZIZ A.	2002	INESSM
Rapporteur :	M ^{lle} ADJOUT H.	2002	CNDPA
Co-Rapporteur :	M ^r ZOUAKH D. E.	2001	USTHB

PROMOTION : 2004/2005



بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ
بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ



REMERCIEMENTS

A M. Omar SEFIANE, chargé de cours à l'ISMAL (Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral) qui a accepté de présider ce jury et de nous faire profiter de sa longue expérience ;

A M. Wahid REFES, directeur des études à l'ISMAL qui a accepté d'examiner ce travail bien que ce thème ne corresponde pas à ceux qui lui sont plus familiers. Sa vaste culture scientifique y pourvoira ;

A M. Ahmed BOUAZIZ, chargé de cours à l'ISMAL qui a accepté de participer à ce jury. De plus, je le remercie de m'avoir proposé son aide durant les quelques dernières semaines qui ont précédé cette soutenance ;

A M^{elle} Hakima ADJOUT, du laboratoire d'aquaculture au CNDPA (Centre National d'études et de Documentation pour la Pêche et l'Aquaculture) pour avoir eu l'idée de proposer ce sujet qui m'a permis d'acquérir des techniques qui m'étaient complètement inconnues jusqu'à présent, ainsi que pour son soutien et ses multiples interventions tout au long de ce mémoire ;

A M. Djamel Eddine ZOUAKH, chargé de cours à l'USTHB (Université des Sciences et de la Technologie : Houari Boumediene) pour avoir non seulement accepté de faire partie du jury mais aussi d'en être l'un des rapporteurs. Il s'est montré d'une grande disponibilité que se soit pour une aide documentaire ou pour les quelques occasions de discussion, trop rares, mais toujours très fructueuses ;

A M. Mostapha DJELLALI, chef de département des laboratoires et flottille au CNDPA, pour ces précieux conseils ainsi que sa disponibilité ;

A toute l'équipe du laboratoire de chimie du CNDPA, pour nous avoir aidé et rendu plein de services durant notre présence parmi eux ;

Aux équipes des bibliothèques de l'ISMAL et du CNDPA, pour avoir toujours répondu avec célérité et compétence à nos multiples demandes de documentation et d'interrogation de banques de données ;

A ma mère, pour tout ce qu'elle a fait pour moi ces vingt trois dernières années ; dieu sait qu'elle en a fait beaucoup surtout que les occasions de la remercier s'avèrent très rares ;

A tous les membres de ma famille, pour leur aide et leur soutien et surtout pour la confiance qu'ils ont pu mettre en moi ;

A mes amis qui m'ont soutenu tout au long de ce parcours ; un petit clin d'œil à Lhadi qui est resté à mes côtés et qui m'a supporté pendant les trois dernières années ainsi qu'à Billel pour ces multiples interventions informatiques et sans qui mon travail n'aurait pas vu le jour à temps ;

Mille MERCI.

A TOUS CEUX QUI ONT CRU EN MOI...



Ibtissem

SOMMAIRE

ABREVIATIONS

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

CHAPITRE I : GENERALITES

1. Caractéristiques taxonomiques et morphologiques.....	2
1.1. Caractéristiques du Tilapia du Nil : <i>Oreochromis niloticus</i>	2
1.2. Morphologie.....	3
2. Distribution géographique.....	4
3. Ecologie.....	5
3.1. Température.....	5
3.2. Salinité.....	5
3.3. Potentiel d'hydrogène (pH).....	6
3.4. Oxygène dissous (O ₂ dissous)	6
3.5. Composés azotés.....	6
4. Régime alimentation.....	6
5. Biologie de la reproduction.....	7
5.1. Maturité sexuelle.....	7
5.2. Fécondité.....	7
5.3. Reproduction.....	8
5.4. Comportement lors de la reproduction.....	10
6. Croissance.....	10
6.1. La production d'alevins monosexes mâles	12
6.2. Le traitement hormonal des alevins.....	13

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

1. Matériel biologique.....	15
2. Matériel de laboratoire.....	16
3. Protocole expérimental.....	18
3.1. Reproduction.....	18
3.2. Récolte de frai	18
3.3. Alimentation des géniteurs et des alevins	20

3.3.1. <i>Composition de l'aliment</i>	20
3.3.2. <i>Traitement hormonal des alevins</i>	21
3.3.3. <i>Ration alimentation et fréquence de nourrissage</i>	21
4. Suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques	22
4.1. Paramètres physico-chimiques.....	22
4.2. Paramètres biologiques.....	22
4.2.1. <i>Poids</i>	22
4.2.2. <i>Taille</i>	22
4.3. Méthodes de calcul.....	23
4.3.1. <i>Croissance relative (relation taille-poids)</i>	23
4.3.2. <i>Taux de mortalité</i>	23
5. Etude de l'inversion sexuelle	24
5.1. Sexage manuel.....	24
5.2. <i>Squash</i> gonadique.....	24

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

1. Etude des paramètres physico-chimiques	25
1.1. Dans le Raceway de reproduction.....	25
1.2. Dans les aquariums d'alevinage	25
1.3. Dans les bassins de prégrossissement.....	26
2. Etude des paramètres biologiques	28
2.1. Etude de la croissance	28
2.1.1. <i>Croissance pondérale</i>	28
2.1.2. <i>Croissance linéaire</i>	29
2.2. Relation taille-poids.....	31
2.3. Etude du taux de mortalité cumulée.....	33
2.4. Etude de l'inversion sexuelle.....	34
CONCLUSION	36
BIBLIOGRAPHIE	37

GLOSSAIRE

ANNEXES

ABREVIATIONS :

O. niloticus : *Oreochromis niloticus*

11 β -OH Δ 4 : 11 β -hydroxyandrosténedione

17 α -ET : 17 α -éthynyltestostérone

17 α -MT : 17 α -méthyltestostérone

C.N.D.P.A. : Centre national d'études et de documentation pour la pêche et l'aquaculture

F.A.O. : Food and Agriculture Organisation

M.P.R.H. : Ministère de la Pêche et des Ressources Halieutiques

> : supérieur à

\pm : plus ou moins

σ : mâle

φ : femelle

‰ : pour mille

% : pourcent

°C : degré Celsius

avr. : Avril

cm : centimètres

g : grammes

g/j : gramme par jour

h : heures

Ind. : Indéterminé

j : jours

JAÉ : jour après éclosion

juil. : Juillet

l : litre

Max. : maximum

M.E.S. : matières en suspension

mg/l : milligramme par litre

Min. : minimum

mm : millimètres

Nb : nombre

O₂ dissous : oxygène dissous

pH : Potentiel hydrogène

Pm : Poids moyen

T : température

Tm : taille moyenne

Introduction

Le Tilapia présente un grand potentiel pour l'aquaculture avec une production mondiale estimée à environ 1 100 000 tonnes (F.A.O., 1999). Cette activité est en progression en Afrique en tant que source de protéines animales très nutritives.

L'espèce piscicole la plus intéressante, *Oreochromis niloticus* représente 85% des élevages des Tilapias dans le monde de par sa disponibilité et une période de ponte étalée sur l'année ; elle supporte les situations de stress et les activités liées à la pisciculture ainsi que des larges variations des paramètres physico-chimiques du milieu. En plus, sa chair est délicieuse et contient peu d'arêtes, avec un fort contenu protéique et vitaminique (Kestemont *et al.*, in FAO, 1989).

En Algérie, l'élevage de Tilapia est une activité nouvelle ; l'introduction de cette espèce est très récente (mai 2001) (MPRH, CNDPA, 2002) et les travaux de recherche la concernant sont peu nombreux tel que ceux de Bouroubi & Zeghimi (2004) ; Bouzid & Farah (2004) et Ouldmaamar & Tikarrouchine, 2005.

Dans le présent travail, nous tenterons de masculiniser des alevins d'*Oreochromis niloticus* à l'aide d'une hormone pour contrôler son élevage puis étudier son taux de croissance et démontrer l'importance des élevages monosexes* de populations de Tilapia pour optimiser les systèmes de production. Car le principal « inconvénient » de cette espèce est sa prolificité due à une maturité précoce et à une fréquence élevée des pontes conduisant au surpeuplement et donc à une faible croissance individuelle (nanisme*).

Deux types de solutions à ce problème ont été envisagés :

- Elevage d'individus du même sexe (monosex), spécialement les mâles dont la vitesse de croissance se révèle supérieure à celle des femelles ;
- Elevage de Tilapia associé à des prédateurs qui consomment les alevins.

La première solution peut être mise en œuvre par quatre procédés principaux :

- Sexage manuel* ;
- Production d'hybrides monosexes ;
- Modification génétique
- Réversion du sexe des alevins par traitement hormonale (objet de notre travail).

Ce mémoire, dont la partie pratique est réalisée au sein du Centre National d'étude et de Documentation pour la Pêche et l'Aquaculture (CNDPA) est une contribution à l'étude de l'inversion hormonale chez une espèce d'eau douce : Tilapia : *Oreochromis niloticus*.

CHAPITRE I : GENERALITES

1. Caractéristiques taxonomiques et morphologiques

1.1. Caractéristiques taxonomiques* du Tilapia du Nil : *Oreochromis niloticus*

Les Tilapias, fondement de l'aquaculture africaine, forment désormais, à partir de quelques espèces endémiques en Afrique, la base de la pisciculture d'eau douce de la ceinture intertropicale du globe (Lazard, 1990).

Le terme Tilapia est en général utilisé pour désigner l'important groupe élevé à des fins commerciales appartenant à la famille des Cichlidés. Cette expression est d'origine africaine du mot « thiape » qui veut dire poisson. L'élevage des Tilapias existe depuis plus de 2500 ans (Chapman, 2003).

Les Cichlides se distinguent des autres familles par un groupe de caractères nets : une écaille très développée à l'aisselle des pelviennes, l'absence des dents au plafond buccal, des os pharyngiens inférieurs plus ou moins unis sur la ligne médiane.

Cette famille appartient à l'ordre des perciformes. Ils occupent les eaux douces et saumâtres d'Afrique et fréquentent à peu près tous les biotopes à l'exception des eaux torrentielles et cavernicoles.

Le terme Tilapia regroupe une centaine d'espèces appartenant à la famille des Cichlidés qui englobe quatre genres en se basant sur les caractères anatomiques, le comportement reproducteur et la nutrition (Trewavas, 1983) :

- *Oreochromis* : avec une incubation buccale* et une garde uniparentale* maternelle, ils sont en plus planctonophages* ;
- *Sarotherodon* : avec une incubation buccale et une garde biparentale* ou paternelle, ils sont planctonophages ;
- *Tilapia* : avec une incubation des œufs sur substrat* et une garde biparentale (en couple), ils sont macrophytophages* ;
- *Danakilia* : caractéristiques éco-morphologiques particulières.

En élevage, seul le genre *Oreochromis* est représenté avec cinq espèces principales :

- *Oreochromis niloticus* (Tilapia du Nil) ;
- *Oreochromis mossambicus* ;
- *Oreochromis aureus* ;
- *Oreochromis hornorum* ;
- Le Tilapia rouge, issu du croisement : *O. mossambicus* (♂) x *O. niloticus* (♀).

1.2. Morphologie

Oreochromis niloticus se reconnaît aisément par (fig.1) :

- Une tête portant une narine de chaque côté ;
- Un corps comprimé latéralement, couvert essentiellement d'écailles cycloïdes* et parfois d'écailles cténoïdes* ;
- La nageoire dorsale comprend 17-18 rayons épineux suivis de 12-14 rayons mous ;
- La nageoire anale est formée de 3 rayons épineux précédés de 09-10 rayons mous ;
- Les nageoires pelviennes portent un rayon dur suivi de 05 rayons mous ;
- La ligne latérale, sur les deux flancs* du poisson, est interrompue en comptant 18 à 19 écailles, puis décroche vers le bas une seconde ligne d'une douzaine d'écailles ;
- Un nombre élevé de branchiospines* fines et longues (18 à 28 sur la partie inférieure et 04 à 07 sur la partie supérieure du premier arc branchial) ;
- Trois à quatre séries de dents sur chaque mâchoire et six chez les individus dépassant les 20 cm LS (Longueur Standard).

Oreochromis niloticus est facilement reconnaissable grâce aux bandes verticales régulières noires sur la nageoire caudale. La coloration générale est gris argentée avec des bandes grises plus foncé qui zèbrent l'animal.

Les macules* (taches) blanches entre les rayons des nageoires impaires, ainsi qu'une coloration générale grise avec des flancs rosâtres, voir rouge sont des signes caractéristiques chez l'adulte (Arrignon, 2000).

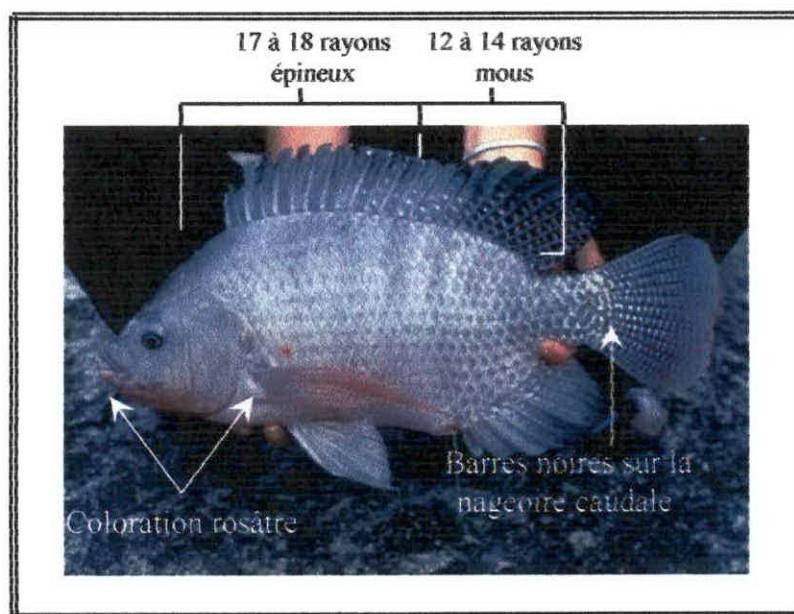


Figure 1 : Caractéristiques morphologiques d'*Oreochromis niloticus* adulte avec des barres verticales noires sur la nageoire caudale (Melard C. in FAO, 2002).

2. Répartition géographique

Oreochromis niloticus présente une répartition originelle strictement africaine couvrant les bassins du Nil, du Niger, des Volta et du Sénégal jusqu'au lac Tanganika ainsi que la vallée du Jourdain en Palestine (Philippart & Ruwet, 1982) (fig.2).

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 (CNDPA, 2004) (fig.3).

Mais ces introductions ne se sont pas limitées à l'Afrique puisqu'on trouve cette espèce aussi bien en Amérique Centrale (Hawaï, Mexique), en Amérique du Sud (Brésil), en Amérique du Nord (Arizona, Californie) et en Asie (Thaïlande, Chine, Japon). Enfin cette espèce commence également à être cultivée dans les eaux chaudes industrielles en régions tempérées. C'est le cas en Europe (Allemagne, 1977 et Belgique, 1980).

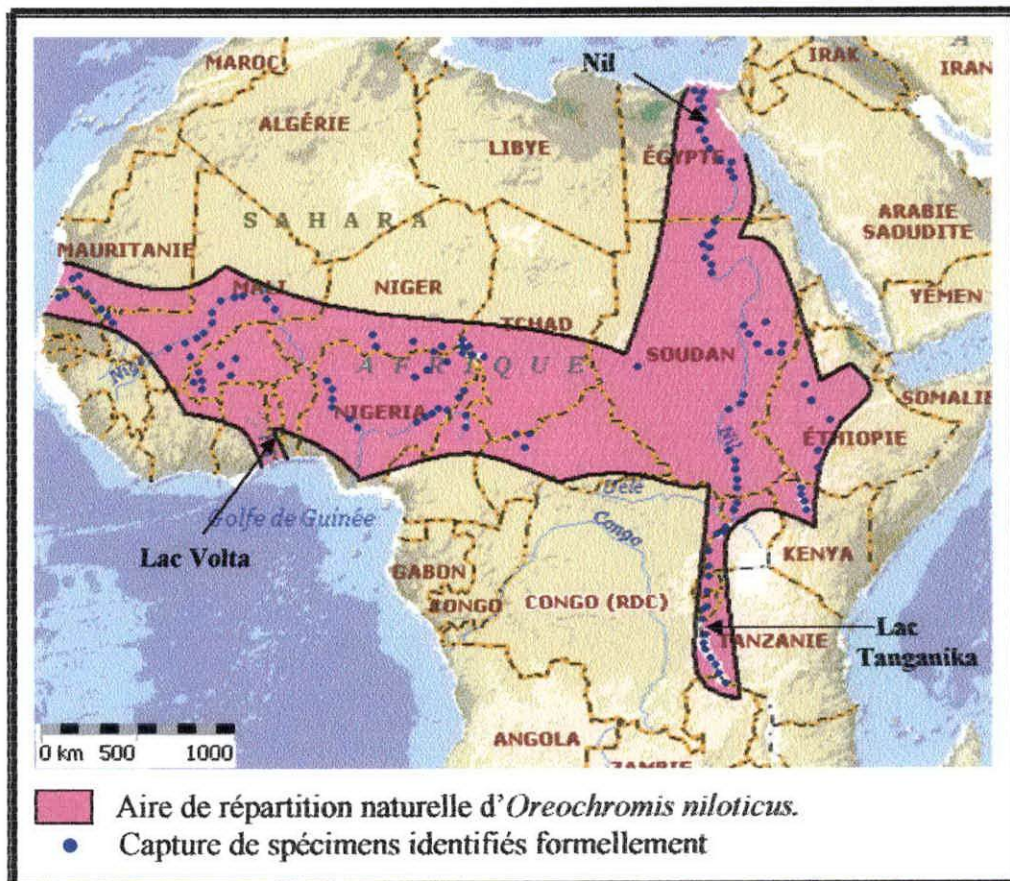


Figure 2 : Répartition originelle d'*Oreochromis niloticus* en Afrique
(Source : FAO, 2002 ; adaptée par nous-même)

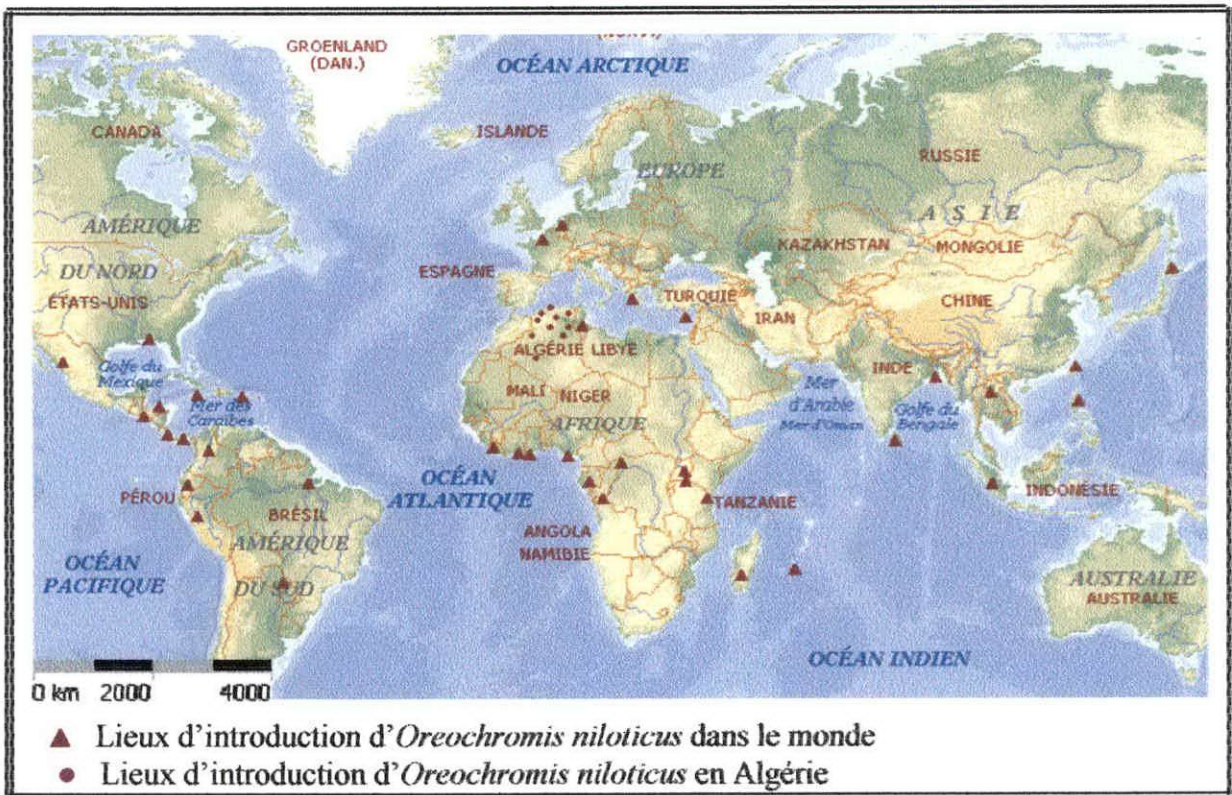


Figure 3 : Points d'introduction d'*Oreochromis niloticus* dans le monde
 (Source : CNDPA, 2004 ; Arrignon, 2000 & FAO 1989 ; adaptée par nous-même).

3. Écologie

De nombreuses études de terrain et de laboratoire (Pullin & Lowe McConnell, 1982) montrent qu'*Oreochromis niloticus* est une espèce relativement euryèce* et eurytope* adaptée à de larges variations des facteurs écologiques du milieu aquatique et colonisant des milieux extrêmement variés.

3.1. Température :

Oreochromis niloticus, espèce thermophile*, se rencontre en milieu naturel entre 13,5 et 33°C mais l'intervalle de tolérance thermique observé en laboratoire est plus large : 7 à 41°C pendant plusieurs heures (Balarin & Hatton, 1979). La température optimale de reproduction se situe entre 26 et 28°C, le minimum requis étant 22°C ; cette espèce ne se nourrit pas en dessous de 15°C (Malcolm *et al.*, 2000).

3.2. Salinité :

Bien que *O. niloticus* soit une espèce d'eau douce, son euryhalinité* est bien connue car, on le rencontre dans les eaux de salinité comprise entre 0,015 et 30 ‰.

Toutefois, au-delà de 20 ‰, l'espèce subit un stress* important qui la rend sensible aux maladies, réduisant sa compétitivité par rapport à d'autres espèces. La reproduction serait inhibée en eau saumâtre à partir de 15 à 18 ‰ (Malcolm *et al.*, 2000).

3.3. Potentiel d'hydrogène (pH) :

De même, la tolérance aux variations de pH est très grande puisque l'espèce se rencontre dans des eaux présentant des valeurs de pH de 5 à 11. L'idéal étant situé entre 6,5 et 8,5. Lorsque le pH atteint 2 à 3, un comportement de stress physiologique apparaît avec une nage rapide, une accélération des mouvements operculaires, une remontée en surface pour avaler l'air, une incapacité de contrôler la position du corps et enfin la mort du poisson (Malcolm *et al.*, 2000).

3.4. Oxygène dissous (O₂ dissous) :

Pour la concentration en oxygène dissous, cette espèce tolère à la fois des déficits et des saturations importantes. Ainsi jusqu'à 3 mg/l d'oxygène dissous, *O. niloticus* ne présente pas de difficulté métabolique particulière mais en deçà de cette valeur, un stress respiratoire se manifeste, bien que la mortalité ne survienne qu'après 6 h d'exposition à des teneurs de 3 mg/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.

Sa consommation est en relation directe avec l'importance de la ration alimentaire : l'accroissement est minimum avec la ration de maintenance et maximum avec la ration maximale (Malcolm *et al.*, 2000).

3.5. 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 d'*O. niloticus*, elle ne doit pas dépasser 5 mg/l pour les nitrates, 500 mg/l pour les nitrites, 15 mg/l pour l'ammoniaque total et 200 mg/l pour les M.E.S. (Malcolm *et al.*, 2000).

4. Régime alimentaire

La nourriture des herbivores, tels que les Tilapias, est généralement excédante à leur capacité de consommation, mais la qualité de cette nourriture est très variable (principalement en apport protéique), ce qui influe sur leur croissance.

Étant donné que les arcs branchiaux d'*Oreochromis niloticus* disposent de microbranchiospines et de branchiospines longues et nombreuses, l'eau qui y transite est véritablement filtrée de son plancton. Cette espèce est donc, en milieu naturel, essentiellement phytoplanctonophage* et consomme de multiples espèces de Chlorophycées, Cyanophycées, etc...; ce qui ne l'empêche pas d'absorber du zooplancton et même des sédiments riches en bactéries et diatomées.

Mais en milieu artificiel (système de pisciculture) cette espèce est pratiquement omnivore* (euryphage*) valorisant divers déchets agricoles, tirant parti des excréments de porcs ou de volailles, de déchets ménagers, acceptant facilement des aliments composés sous forme de granulés, etc... Cette capacité d'adaptation à divers aliments et déchets est phénoménale et est à la base de sa haute potentialité pour la pisciculture.

5. Biologie de la reproduction

5.1. Maturité sexuelle*:

Oreochromis niloticus est connu pour sa maturité sexuelle précoce qui peut intervenir dès 03-04 mois dans certains élevages ; des individus de 30 g et de 8 cm peuvent se reproduire (Balarin & Haller, 1982). Elle est en fonction des conditions de milieu et de la densité des individus.

Dans les milieux naturels, la taille de première maturité chez *O. niloticus* varie généralement entre 14 et 20 cm, ce qui correspond à un âge de 2 à 3 ans, mais peut atteindre 28 cm et différer chez les mâles et les femelles. Toutefois cette taille de maturité peut se modifier au sein d'une même population en fonction des conditions fluctuantes du milieu (FAO, 2002).

Selon Lowe-McConnel (1982), les facteurs qui diminuent la taille de maturité sont:

- Dimensions réduites du milieu (confinement) ;
- Déficit alimentaire qualitatif et quantitatif ;
- Pêche trop intensive.

5.2. Fécondité :

Oreochromis niloticus présente une faible fécondité qui varie de quelques centaines d'œufs à plusieurs milliers par ponte chez les gros individus.

Par contre, la fréquence élevée de ponte et la garde parentale des alevins (incubation buccale), permettent d'obtenir de bonnes productions d'alevins par femelle.

La fécondité absolue (nombre d'ovules pondus en une fois) est aussi très variable puisqu'elle fluctue fortement, comme le montre Moreau (1979), en fonction:

- du poids des femelles,
- des milieux et des saisons.

5.3. Reproduction :

Oreochromis niloticus fait partie des incubateurs buccaux uniparentaux maternels. Lorsque les conditions abiotiques deviennent favorables en milieu naturel (une température d'au moins 22°C est nécessaire à la reproduction et à l'incubation des œufs), les adultes migrent vers la zone littorale et les mâles se rassemblent en arène de reproduction* sur un substrat meuble, sablonneux ou argileux où ils délimitent chacun leur territoire et creusent un nid en forme d'assiette creuse.

Les femelles vivent en groupe à l'écart des arènes de reproduction où elles effectuent de brefs passages. En allant d'un territoire à l'autre, elles sont sollicitées par les mâles. En cas d'arrêt au-dessus d'un nid et après une parade nuptiale de synchronisation sexuelle, la femelle dépose un lot d'ovules que le mâle féconde immédiatement et que la femelle reprend dans sa bouche pour les incuber et les y gardent pendant la durée d'incubation, soit 04 à 05 jours pour l'éclosion et 07 à 12 jours pour la résorption de la vésicule vitelline. Les œufs sont oblongs, mesurant environ 2,3 mm de grand diamètre sur 1,9 mm de petit diamètre. Cette opération peut être recommencée avec le même mâle ou un voisin (Ruwet *et al.*, 1976) ; après quoi, la femelle quitte l'arène et incube ses œufs fécondés (annexe 01). A cette époque, la femelle présente un abaissement de la cavité buccopharyngienne*, des opercules légèrement écartés (fig.4).

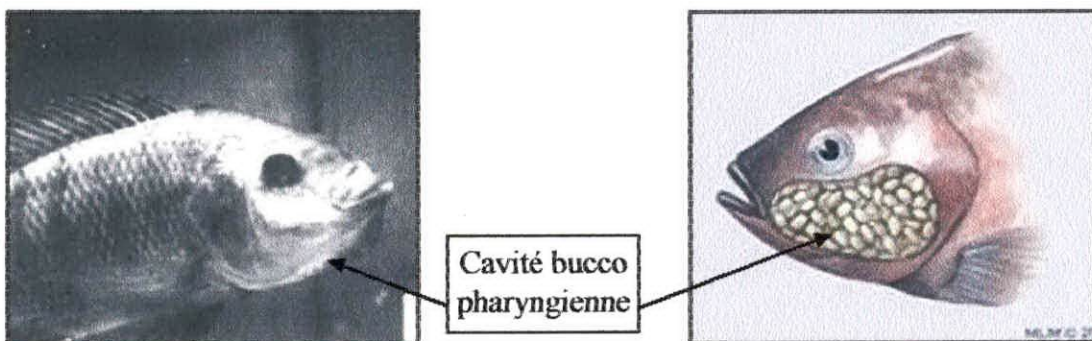


Figure 4 : Femelle incubante avec les œufs dans sa bouche (Source : FAO 1989).

L'éclosion des œufs a lieu dans la bouche 4 à 5 jours après la fécondation. Une fois leur vésicule vitelline résorbée, les alevins capables de nager sont encore gardés par la femelle pendant plusieurs jours.

Toutefois, ils restent à proximité de leur mère et, au moindre danger, se réfugient dans sa cavité buccale (fig.5). A la taille d'environ 10 mm, les alevins, capables de rechercher leur nourriture, quittent leur mère et vivent en petits bancs.



**Figure 5 : Alevins nageant à proximité de la bouche de leur mère
(Source : FAO 1989).**

Une femelle en bonne condition se reproduit toutes les six à huit semaines dans la nature et tous les quinze à vingt jours dans un milieu contrôlé ; ce qui, à raison de 800 à 1 000 œufs en moyenne pour une femelle de 250 g, risque de conduire au surpeuplement* et au nanisme en milieu mal contrôlé.

La période de reproduction d'*Oreochromis niloticus* est potentiellement continue pendant toute l'année, si la température de l'eau est supérieure à 22°C. Toutefois on constate des pics d'activité reproductrice induits par:

- Augmentation de la photopériode et de l'intensité lumineuse,
- Augmentation de la température de l'eau,
- Augmentation du niveau de l'eau.

Toutes ces caractéristiques de reproduction d'*Oreochromis niloticus* démontrent non seulement la plasticité de l'espèce à s'adapter à des conditions diverses mais expliquent aussi sa haute résilience à savoir sa capacité à revenir rapidement après perturbation à un seuil optimum de densité dans son milieu naturel (Baroiller & Jalabert, 1990).

5.4. Comportement lors de la reproduction :

Le comportement reproductif chez *Oreochromis niloticus* a été rapporté, par plusieurs auteurs. Turner (1986) montre que le comportement reproductif est profondément influencé par le système d'accouplement et a découvert que les femelles préfèrent s'accoupler avec des mâles dont le nid est le plus large (annexe 01).

En aquarium, les mâles préfèrent les territoires proches de la surface. En plus, les mâles captifs se livrent des combats circulaires de courtes durées et de petite intensité. Des « mouvements expressifs », qui consistent notamment en "menace" en "coup de queue", constituent en quelque sorte un langage instinctif. Ça sert probablement à évaluer la force d'un autre mâle, et à l'établissement du territoire (Malcolm *et al.*, 2000).

L'introduction d'une femelle prête à pondre dans un aquarium où se trouve un mâle territorial est tout aussi intéressante, mais, il faut se méfier de l'agressivité du mâle. Après une courte phase agressive de sa part, les mouvements changent totalement et on assiste à la parade faite de mouvements dits de "tremblement", à des "cercles" etc... (Malcolm *et al.*, 2000).

6. Croissance

En général, *Oreochromis niloticus* est connue pour sa croissance rapide et présente un indice de croissance plus performant que les autres espèces du genre, sa durée de vie étant relativement courte (6 à 8 ans) (Pauly *et al.* in Malcolm *et al.*, 2000).

Une autre caractéristique d'*O. niloticus* concerne son dimorphisme sexuel* de croissance qui se marque dès 20 à 40 g, poids à partir duquel les femelles acquièrent la maturité sexuelle (Kestemont *et al.* in Malcolm *et al.*, 2000).

Le dimorphisme sexuel apparaît principalement au niveau de la papille* génitale (fig.6), ce qui permet un sexage précoce en élevage, cette papille étant chez le mâle protubérante en forme de cône avec un pore urogénital à l'extrémité, alors que chez la femelle, elle est petite, arrondie avec une fente transversale au milieu (pore génital) et un pore urinaire à l'extrémité.

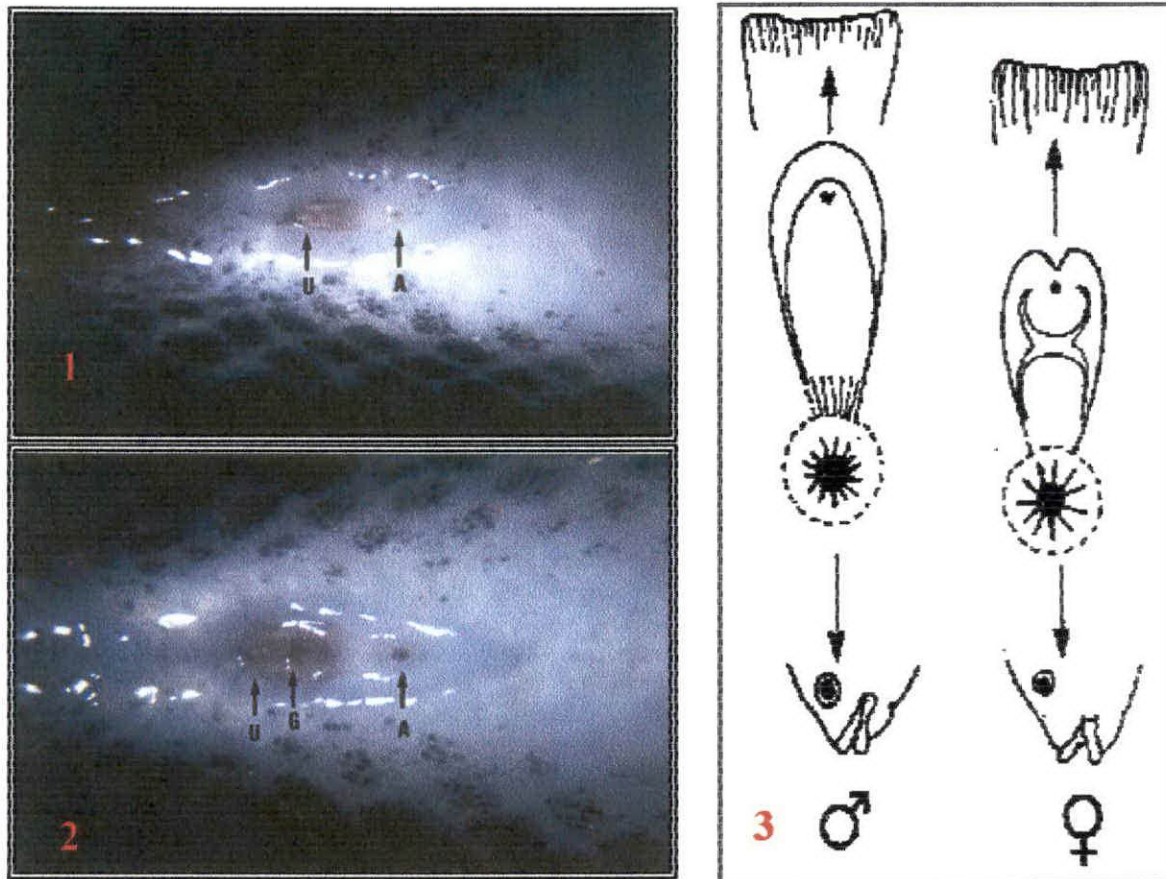


Figure 6 : Dimorphisme sexuel de la papille uro-génitale entre un mâle de 24 g (1) et une femelle de 20 g (2) chez *Oreochromis niloticus*. La papille femelle est caractérisée par une fente transversale (orifice génital) entre l'anus et l'orifice urinaire.

Chez le mâle : A = anus ; U = orifice uro-génital. Grossissement = 75 x.

Chez la femelle : A = anus ; U = orifice urinaire ; G = orifice génital. Gross. = 33 x.

(Photo Toguyeni & Baroiller *in* Adjout & Meziane, 2002).

(3) : Papilles génitales chez un mâle et une femelle d'*O. niloticus* (Source : FAO, 2002).

Une grande partie de l'énergie de la femelle est investie dans la production d'ovules, l'incubation des œufs et la garde des jeunes larves*.

Les reproductions incontrôlées provoquent une surpopulation qui entraîne une diminution de la croissance par manque de nourriture et/ou d'oxygène disponible.

Outre que le sexe, il existe d'autres facteurs qui influencent la croissance d'*Oreochromis niloticus* en élevage intensif, tel que :

- La température : une élévation de celle-ci pour un poids corporel donné produit une augmentation de la vitesse de croissance ;
- L'alimentation : elle agit sur la croissance *via* trois paramètres ; la qualité de l'aliment, le taux de nourrissage et la fréquence de nourrissage ;

- L'oxygène dissous : il exerce une action positive sur la croissance quand sa teneur augmente (>3 mg/l avec un optimum de 5 mg/l) ;
- La biomasse* : son augmentation a un effet négatif sur la croissance s'exprimant par un stress dû aux contacts inter-individuels ;
- M.E.S. : l'effet négatif des M.E.S. sur la croissance pourrait provenir du stress mécanique exercé sur les branchies avec un métabolisme réduit.

Les principales techniques utilisées pour remédier aux problèmes de faible croissance des femelles et de reproduction anarchique sont les suivantes :

- Une charge importante permettant de bloquer la reproduction, mais n'évite pas le problème de faible croissance des femelles ;
- La production d'individus triploïdes* (3n chromosomes) stériles (plus de reproductions anarchiques et meilleure croissance), soit directement avec un choc thermique appliqué sur les œufs peu après la fécondation, soit indirectement par croisement entre des Tilapias tétraploïdes* (4n chromosomes) fertiles obtenus aussi par choc thermique au moment de la première division cellulaire (mitose) et des individus normaux diploïdes* (2n chromosomes) ;
- la production d'alevins monosexes mâles.

6.1. La production d'alevins monosexes mâles

Les Tilapias, avec plus de 20 espèces déjà utilisées en élevage (Guerrero, 1982), sont particulièrement appréciés pour leur robustesse, leur large distribution, leur taux de croissance important et leur reproduction aisée. Ces particularités biologiques conduisent, en milieu confiné, à une surpopulation, avec une tendance au nanisme (Lazard, 1984).

C'est pourquoi le contrôle strict de la reproduction devrait permettre d'améliorer la rentabilité des élevages. Les techniques envisagées pour contrôler la reproduction des poissons cherchent à agir sur le développement de la gonade* soit en modulant son activité (stimulation, inhibition temporaire ou définitive), soit en l'orientant vers le sexe qui possède les meilleures potentialités aquacoles (Mires, 1982).

L'élevage d'*O. niloticus* de consommation concerne de plus en plus les populations monosexes mâles, pour éviter les reproductions incontrôlées et obtenir de meilleurs rendements, étant donné que les mâles grandissent plus rapidement que les femelles.

Trois techniques sont utilisées pour produire des populations monosexes mâles : la séparation des sexes, les hybridations* interspécifiques et l'inversion hormonale* du sexe.

- La première consiste à élever les alevins jusqu'à un stade qui permet de sexer les poissons par examen de la papille uro-génitale. Cette méthode représente un gaspillage de surface, d'eau et d'aliment puisque les femelles ne sont éliminées que lorsqu'elles atteignent la maturité sexuelle (Rothbard *et al.*, 1983).
- L'hybridation des espèces de *Tilapia* conduit à une progéniture caractérisée par une proportion élevée de mâles (Mires, 1982). Le désavantage de cette méthode est la nécessité de maintenir une souche pure de géniteurs. Dans le cas contraire la proportion de mâles dans la descendance s'écarte fortement des 100% attendus.
- L'inversion hormonale du sexe :
 - Inversion "directe" qui consiste à masculiniser* une population d'alevins en incorporant un stéroïde* dans l'alimentation (Baroiller & Jalabert, 1989) ;
 - Fabrication de mâles transsexuels* (femelles à génotype* mâle) avec de l'œstradiol*. Leur descendance avec des mâles donnera 100 % de mâles.

Le sexage utilisé en Afrique ne peut être effectué que sur des animaux matures. Par ailleurs, il nécessite du temps et de la main d'œuvre et s'accompagne d'au moins 10 % d'erreurs de diagnostic (Lazard, 1980). En ce qui concerne l'hybridation, il est difficile de maintenir un pourcentage très élevé de mâles hybrides de première génération. Ceci est lié à la contamination des souches parentales de géniteurs par des descendants hybrides. En revanche, l'inversion hormonale masculinisante s'est révélée être un outil fiable.

6.2. Le traitement hormonal des alevins

La technique d'inversion hormonale du sexe, démontrée pour la première fois chez *Oryzias latipes* (poisson chat) (Yamamoto *in* FAO, 2002), consiste à obtenir une population d'individus phénotypiquement identiques par administration de stéroïdes, à des doses et selon des moments, des modes et des temps d'administration propres à chaque espèce (Baroiller, 1996). Ainsi avec les androgènes*, les alevins à génotype femelle sont amenés à se développer comme des mâles fonctionnels, ce qui conduit à l'obtention d'une population à phénotype* 100% mâle. Ce traitement aux androgènes a conduit à des résultats intéressants chez plusieurs espèces de *Tilapia* (Guerrero & Guerrero, 1988).

L'inversion "directe" consiste à administrer de la méthyltestostérone aux alevins avant qu'ils n'aient atteint la différenciation sexuelle (avant le 60^{ème} jour chez *O. niloticus*) (Jalabert *et al.*, 1974) (Mcandrew & Majumdar, 1989).

Ce traitement est appliqué depuis 3 à 7 jours après l'éclosion pendant 2 à 4 semaines, ce qui permet d'obtenir 95 à 100 % de mâles à la suite de l'inversion des femelles en mâles à génotype femelle. Cette technique doit être réalisée en conditions intensives pour que les alevins ne puissent absorber que l'aliment dans lequel est incorporée la méthyltestostérone.

Chez *Oreochromis niloticus*, les potentialités stéroïdogènes des gonades mâles et femelles ont été analysées durant les trois premiers mois de leur vie ; cette période couvre les processus de la différenciation ovarienne et testiculaire. La testostérone* peut être synthétisée par les gonades des deux sexes contrairement à l'œstradiol dont la production est spécifique à l'ovaire. Or, certains androgènes comme la 11 β -hydroxyandrosténone (11 β -OHA4) et l'androstérone s'avèrent spécifiques du sexe mâle durant cette même période et présentent des potentialités masculinisantes (Baroiller & Toguyeni, 1996).

Les stéroïdes artificiels présentent une meilleure efficacité de masculinisation que les androgènes naturels. L'efficacité de la 17 α -méthyltestostérone* est attribuée à son élimination plus lente que celle des stéroïdes naturels comme la testostérone (Baroiller, 1988). Les alevins de *Tilapia* traités aux androgènes présentent généralement une croissance plus rapide que ceux non traités (Rothbard *et al.*, 1983).

La préparation et l'administration de l'aliment sont décrits par Rothbard *et al.*, 1983 :

- Dissolution de 50 mg de 17 α -méthyltestostérone* (pour la masculinisation) ou de 60 mg de 17 α -éthynyltestostérone* (pour la féminisation) dans 0,7 l d'éthanol à 95% ;
- Mélange de la solution dans 1 kg d'aliment ;
- Évaporation de l'éthanol par séchage du mélange au soleil durant quelques heures ;
- Nourrissage des alevins* à raison de 14% de leur poids par jour.

Sa mise en œuvre ne peut s'envisager que dans des stations spécialisées mettant en œuvre des techniques de précision : dosage de l'hormone, contrôle de l'eau d'alimentation, utilisation d'antibiotiques. Les dangers d'utilisation de ces hormones pour une production destinée à la consommation humaine peuvent exister, même si leur ampleur est inconnue.

Cette technique est utilisée depuis plusieurs années par certains pays producteurs de *Tilapia* comme Israël, Taiwan et les philippines. Toute fois, elle implique de traiter chaque nouvelle population d'alevins destinés à la production. Or, l'utilisation de l'hormone pour la production destinée à la consommation humaine reste interdite dans de nombreux pays (France, Royaume Uni...) pour qui le devenir et l'effet des produits de dégradation des stéroïdes de synthèse sont insuffisamment étudiés (Baroiller & Toguyeni, 1996).

CHAPITRE II : MATERIELS ET METHODES

Notre travail au niveau du CNDPA consiste à réaliser une inversion sexuelle sur des larves de Tilapia en incorporant une hormone (17 alpha-méthyltestostérone) dans l'aliment à distribuer selon la méthode décrite par Rothbard *et al.* (1983). Cette technique est appliquée sur deux lots avec une durée d'application différente. Leur sex-ratio est obtenu par examen de la papille uro-génitale et par *squash* gonadique. D'autre part, une étude de la croissance des individus de ces deux lots est envisagée.

1. Matériel biologique

Notre expérience nécessite une famille de larves, afin de réaliser une inversion hormonale du sexe, obtenue en faisant reproduire des géniteurs de Tilapia (Fig.7). Ces géniteurs, proviennent du CNDPA et sont identifiés à partir de la cette systématique :

Règne : Animal
Phylum : Métazoaires*
Embranchement : Vertébrés*
Classe : Poissons
Ordre : Perciformes
Famille : Cichlides
Genre : *Oreochromis*
Espèce : *Oreochromis niloticus*

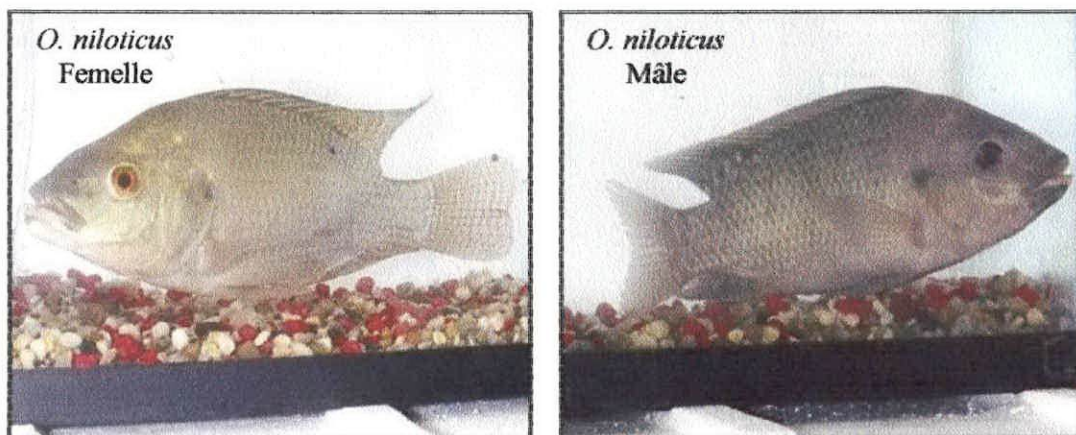


Figure 7 : Mâle et femelle du Tilapia *Oreochromis niloticus*.

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 (Tab.I).

Tableau I : Poids des géniteurs mis en reproduction.

Femelles (poids en g)	39	37	36	36	35	35	35	34	34
Mâles (poids en g)	47			45			43		

2. Matériel de laboratoire

Notre expérience s'est déroulée sur une durée de cinq mois (20 semaines) en trois phases dans trois milieux d'élevage différents :

- ◆ *Première phase* : Reproduction des géniteurs, pendant quatre semaines, dans un Raceway en fibre de verre de 4,40 m de long, de 0,80 m de profondeur et d'un volume de 2,50 m³ (fig.8A);
- ◆ *Deuxième phase* : Inversion sexuelle sur les larves, pendant quatre semaines, dans des aquariums de 0,70 m de longueur, 0,30 m de largeur, 0,40 m de profondeur et d'un volume de 0,84 m³ (fig.8B)
- ◆ *Troisième phase* : Prégrossissement des alevins, pendant 12 semaines, dans des bassins circulaires en ciment, en hors sol à l'extérieur, de 2,50 m de diamètre, 01 m de profondeur et d'un volume de 3,50 m³ (fig.8C)

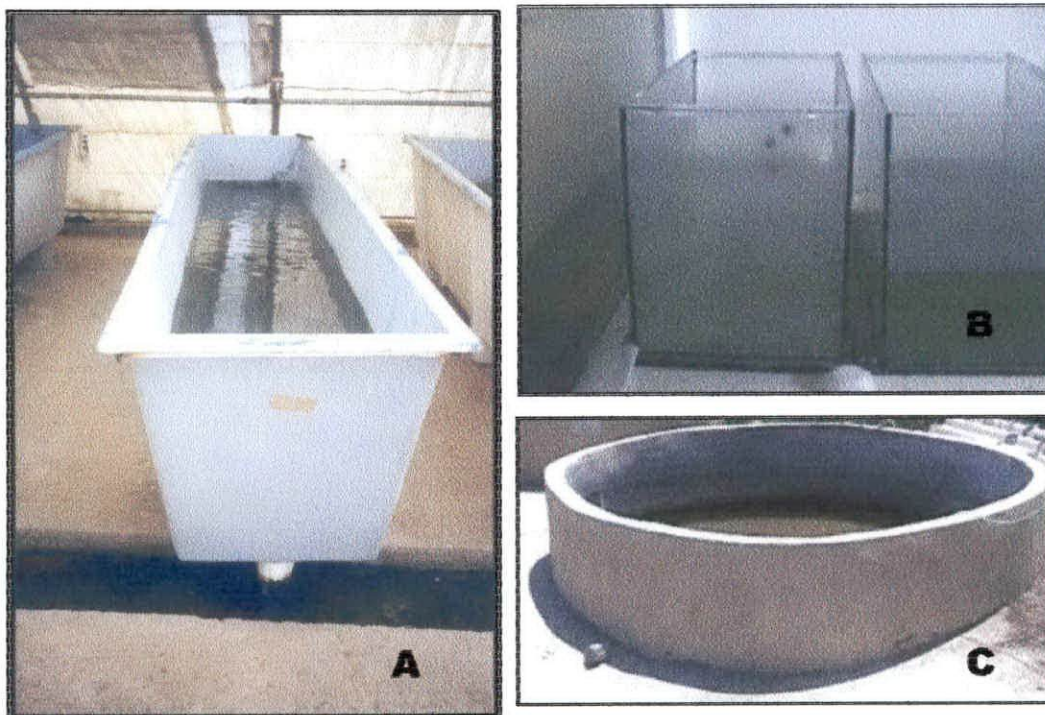


Figure 8 : Enceintes d'élevage où se sont déroulés les trois phases de l'expérience (A : Raceway ; B : aquariums ; C : Bassin circulaire).

Le Raceway, les aquariums et les bassins circulaires sont remplis, au début de chacune des trois phases avec une eau de puit non chlorée.

L'entretien de ces installations est facile. Le Raceway et les aquariums nécessitent un renouvellement journalier de 20% du volume d'eau ainsi qu'une évacuation de déchets avec une pompe manuelle (fig.9A), sans que les poissons ne soient manipulés.

L'entretien hebdomadaire consiste lui à un nettoyage rigoureux des parois et une vidange complète avec une pompe émergée (fig.9B).

Les bassins circulaires sont vidangés tous les dix jours, au moment des pesées, pour éviter de détruire la flore et de la faune planctonique qui prolifère dans les bassins et dont se nourrissent les poissons.

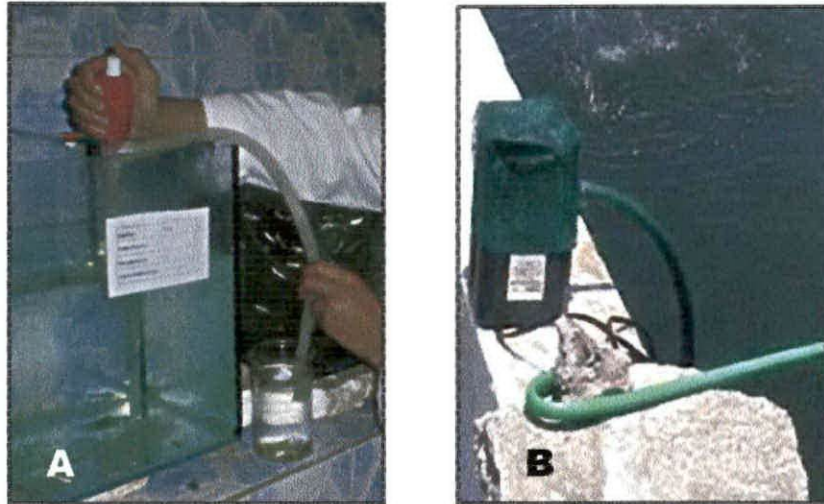


Figure 9 : Pompes servant à vidanger les enceintes d'élevage.
(A : pompe manuelle ; B : pompe émergée).

Néanmoins, un certain nombre de précautions doivent être prises pour assurer des conditions optimales durant la reproduction et la période d'alevinage* ; c'est pour cela que le Raceway et les aquariums sont munis de thermostats (fig.10A) pour maintenir la température au dessus de 26°C, de pompes à aération (fig.10B) pour garder le taux d'oxygène dissous au dessus de 3 mg/l ainsi qu'un filtre mécanique (fig.10C).

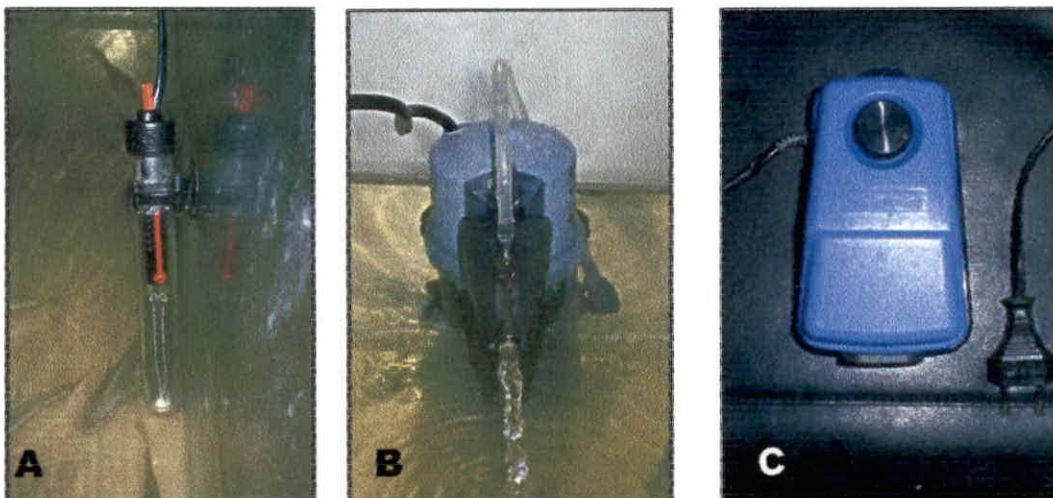


Figure 10 : Matériel utilisé pour maintenir les conditions physico-chimiques à l'optimum
(A : Thermostat ; B : Filtre mécanique ; C : Pompe d'aération).

3. Protocole expérimental

3.1. Reproduction

Pour obtenir nos trois lots d'alevins, nous avons placé le 23 mars 2005 des géniteurs de Tilapia en reproduction dans le Raceway ; ce système minimise le risque qu'une femelle prête à pondre ne soit fécondée. Le seul inconvénient réside dans le fait que les poissons, une fois prêts, se reproduisent rapidement et que l'observateur humain n'y assiste que rarement. En revanche, le Raceway présente un certain nombre d'avantages, à savoir :

- Ne nécessite que peu d'espace, comparé aux bassins ;
- Contrôle permanent des conditions environnementales et des phases de l'élevage ;
- Récolte aisée et fréquente de la production ;
- Possibilité d'intervention dès le moindre problème ;
- Facilité de traitement thérapeutique lors de l'apparition de maladies ;
- Gestion très précise de la descendance.

3.2. Récolte du frai

La première récolte des larves, après mise en charge des Raceway, est généralement effectuée entre le 11ème et le 34ème jour (Guerrero & Guerrero, 1988). Dans notre cas, la récolte des larves est réalisée 29 jours après la mise en reproduction des géniteurs, c'est-à-dire le 21 avril 2005. Cette récolte journalière, facilement réalisable, présente plusieurs avantages:

- les jeunes alevins sont au stade de la nage libre et se déplacent en "nuage", s'ils ne sont pas directement récoltés de la bouche des femelles;
- la prédation des jeunes par les adultes est réduite au minimum ;
- les soins à apporter aux œufs et aux larves vésiculées sont minimes.

La récolte des larves est effectuée à l'aide d'épuisettes à fines mailles (fig.11A). Par contre, la capture des géniteurs se fait avec des épuisettes ou un salabre*. Cette capture nous permet d'examiner l'état des géniteurs et de prélever les œufs et les larves en incubation dans la bouche des femelles incubantes (fig.11B).

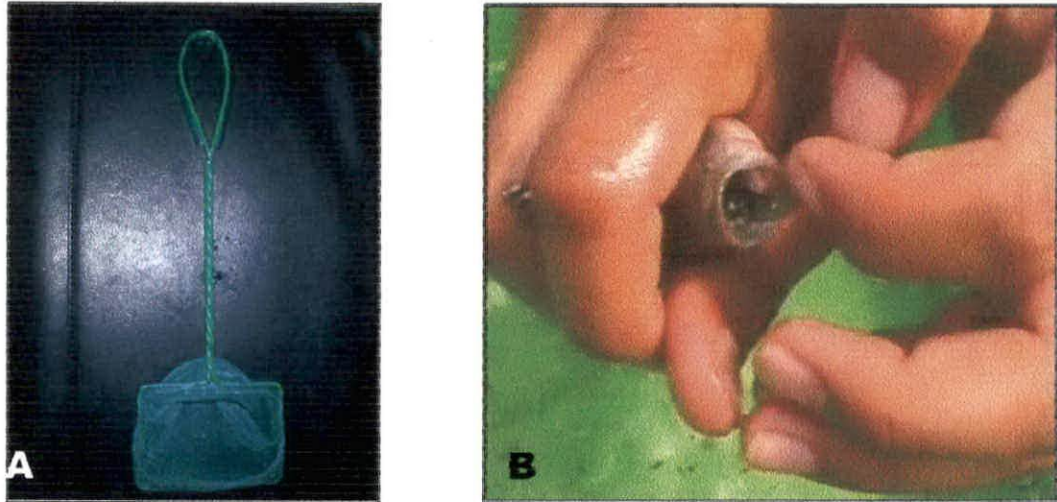


Figure 11 : (A) : Epuisette servant à capturer les femelles incubantes.
 (B) Récolte des larves en incubation dans la bouche d'une femelle.

Lors de cette récolte, nous avons prélevé des larves à quatre stades différents (fig. 12). Concernant l'expérience de l'inversion hormonale, nous avons choisis des larves avec leurs sacs vitellins pour leur éviter d'ingérer un aliment exogène (fig. 12C).

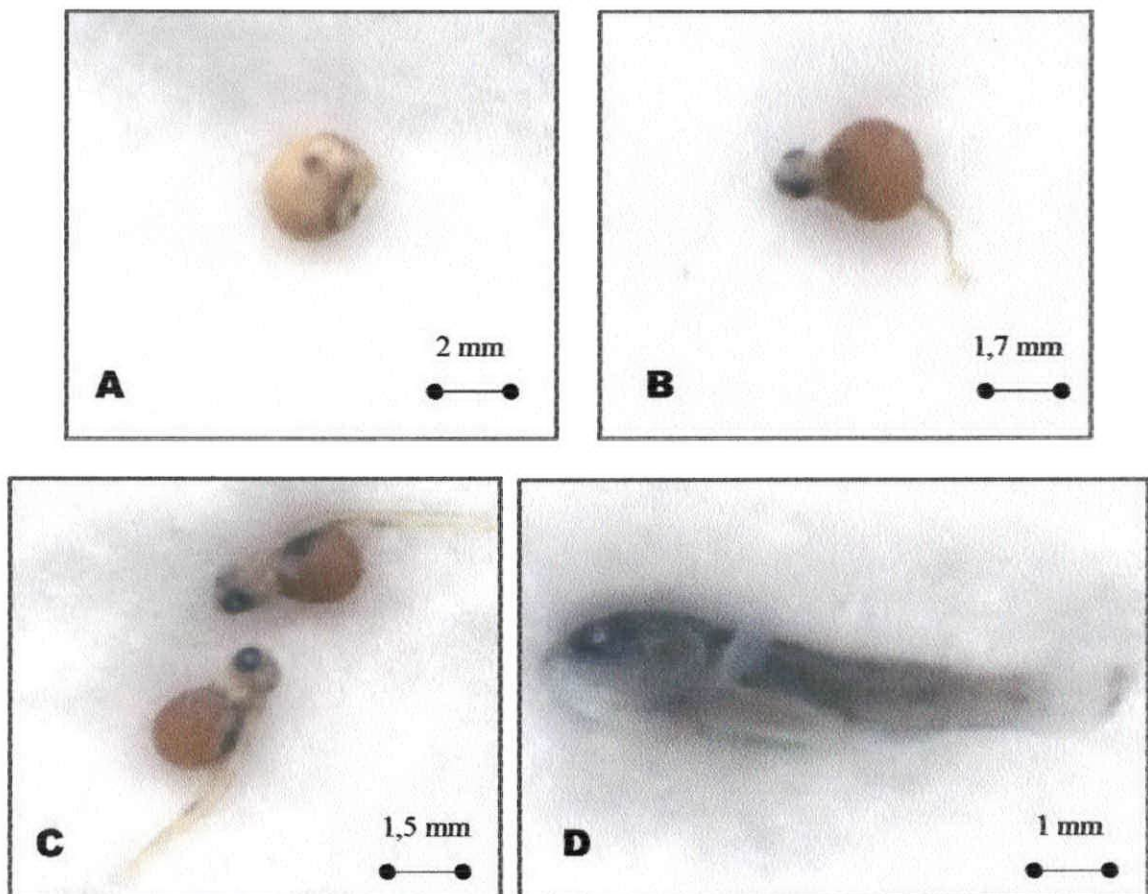


Figure 12 : Les différents stades de vie des larves prélevées chez les femelles incubantes.
 (A : œuf en début d'éclosion ; B : œuf éclos ;
 C : larve pendant la résorption vitelline ; D : larve après la résorption vitelline).

300 larves sont prélevées du Raceway de reproduction et sont réparties équitablement dans trois aquariums, ils vont y restés un mois avant d'être déversés dans trois bassins de pré grossissement. Le reste est mis dans un Raceway pour faire l'objet de repeuplements. Les trois lots sont élevés de la même façon et sont soumis aux mêmes conditions. La seule variante est la présence ou pas d'hormone dans l'aliment ainsi que la durée du traitement.

Pour l'inversion sexuelle, les trois lots de larves seront nourris comme suit :

- ◆ Le lot 01 est le lot témoin ; il est nourri pendant toute l'expérience avec l'aliment artificiel dépourvu d'hormone ;
- ◆ Le lot 02 est un essai basé sur l'expérience égyptienne, il est nourri avec l'aliment traité à l'hormone 17 α -Méthyltestostérone pendant une semaine ;
- ◆ Le lot 3 est traité avec la même hormone pendant un mois (quatre semaines).

Pour le reste de l'expérience, les lots 02 et 03 sont nourris avec l'aliment sans hormone.

3.3. Alimentation des géniteurs et des alevins

3.3.1. *Composition de l'aliment :*

L'aliment utilisé durant notre l'expérience est un aliment industriel de marque « SEKIRIN BASIC » présenté dans des sachets de 500 g, les granulés sont de taille moyenne (fig.13A). L'aliment est fabriqué en Malaisie avec la composition suivante : farine de poisson, farine de crevette, farine de blé, son de riz, farine de soja, farine de maïs, caroténoïdes, vitamines A, B1, B2, C et E, Calcium, Magnésium, biotine* et autres oligoéléments. Les analyses physico-chimiques de l'aliment ont révélé ces teneurs :

Tableau II : Composition de l'aliment utilisé pendant l'expérience.

Composants	% de la matière sèche
Protéines	Min. 33
Fibre	Max. 3
Matières grasses	Min. 4
Matières minérales	Max. 3
Humidité	10

Cet aliment est broyé à l'aide d'un broyeur électrique (fig.13B) puis tamisé avec un tamis de 500 μ de porosité pour faciliter son ingestion aux larves, on obtiendra ainsi un pulvérulent (fig.13C).

3.3.2. Traitement hormonal des alevins :

L'aliment traité à l'hormone est préparé selon la méthode de Rothbard *et al.* (1983) :

Dissoudre 12,5 mg de 17 α -Méthyltestostérone dans 175 ml d'éthanol à 95% puis mélanger la solution avec 250 g d'aliment broyé à l'aide d'une spatule en inox dans un récipient en plastique. On laisse évaporer l'alcool à l'air libre pendant quelques heures.

L'ensemble de ces opérations doit être pratiqué avec des gants et un masque pour éviter tout contact direct avec l'hormone.

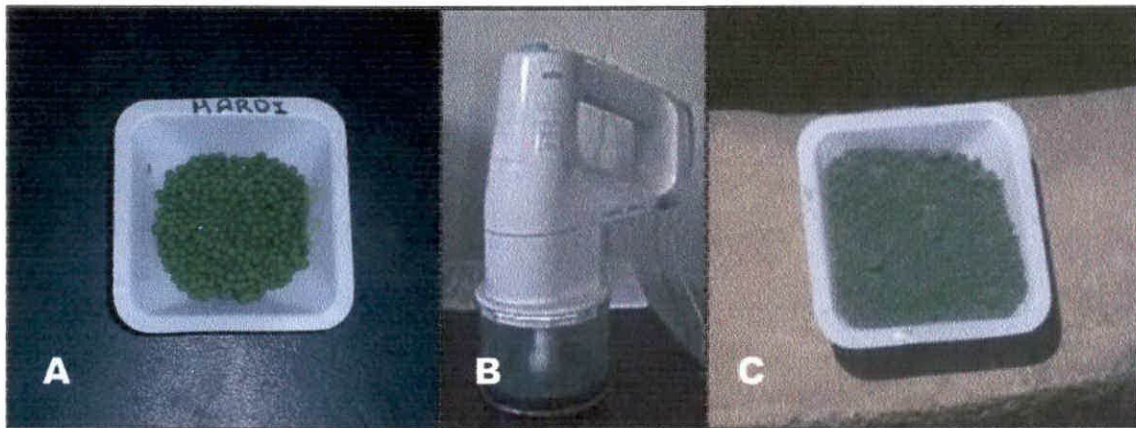


Figure 13 : Aliment utilisé pour le nourrissage des larves durant l'expérience (A : granulé ; C : pulvérulent). (B : Broyeur utilisé pour piler l'aliment.)

3.3.3. Ration alimentaire* et fréquence de nourrissage :

La ration alimentaire journalière (R.A.) est calculée selon cette formule (FAO, 2002) :

$$\text{R. A.} = (\text{Pm} \times \text{T. N.} / 100) \times \text{Nombre d'individu}$$

Pm : poids moyen (g) ; T.N. : taux de nourrissage

Le taux ainsi que la fréquence de nourrissage, au début de l'expérience, sont les mêmes pour les trois lots mais ce taux change en fonction du poids moyen de larves, il est de 14% de biomasse pour les larves, de 11% pour les petits alevins de 2 g, de 10% pour ceux d'environ 5 g et de 6% pour les individus d'environ 40 g (géniteurs) pour qui l'aliment est présenté sous forme granulée avec une ration alimentaire de 29 g/j. Pour le poids moyen d'une larve fraîchement éclos, on utilise la valeur de 10 mg (confirmée par FAO, 2002). La ration alimentaire est distribuée deux fois par jour.

Une fois l'administration de l'hormone au lot n°03 est terminée (22 mai 2005), les lots d'alevins sont transférés vers les bassins circulaires, se trouvant à l'extérieur, pour la phase de prégrossissement qui se prolonge jusqu'au 13 août 2005 (12 semaines).

4. Suivi des paramètres physico-chimiques et biologiques:

4.1. Paramètres physico-chimiques :

Par précaution, les paramètres physico-chimiques de l'eau (température, pH et oxygène dissous) sont surveillés tous les jours, pendant toute la durée de l'expérience ; ils sont prélevés à l'aide d'un analyseur multi paramètre (fig.14). (Annexe 02, 03 et 04).



Figure 14 : Analyseur multi paramètres servant à mesurer les paramètres physico-chimiques (température, pH et oxygène dissous...).

4.2. Paramètres biologiques :

Des informations significatives de la « condition » des poissons sont révélées par les mesures du poids, de la taille et du taux de mortalité. Pour suivre et étudier la croissance des trois lots, un échantillonnage* de dix larves est effectué de chaque lot, chaque semaine à partir du 23 avril 2005 jusqu'au transfert des larves vers les bassins circulaires (le 21 mai 2005). Au-delà, l'échantillonnage se fera tous les dix jours jusqu'à la fin de l'expérience (le 15 août 2005). Les résultats sont présentés dans le chapitre III et dans l'annexe 05.

4.2.1. Poids :

La biométrie des poids est effectuée à l'aide d'une balance à précision (fig.15A). Nous prenons en considération les poids moyens (P_m) de chaque lot. La détermination du P_m est nécessaire pour le calcul de la nouvelle ration alimentaire.

4.2.2. Taille :

Pour le suivi de la croissance linéaire des alevins, les mesures des tailles sont effectuées au même moment que celle des poids, à l'aide d'un ichtyomètre* (fig.15B). Sont retenues, les tailles moyennes (T_m).

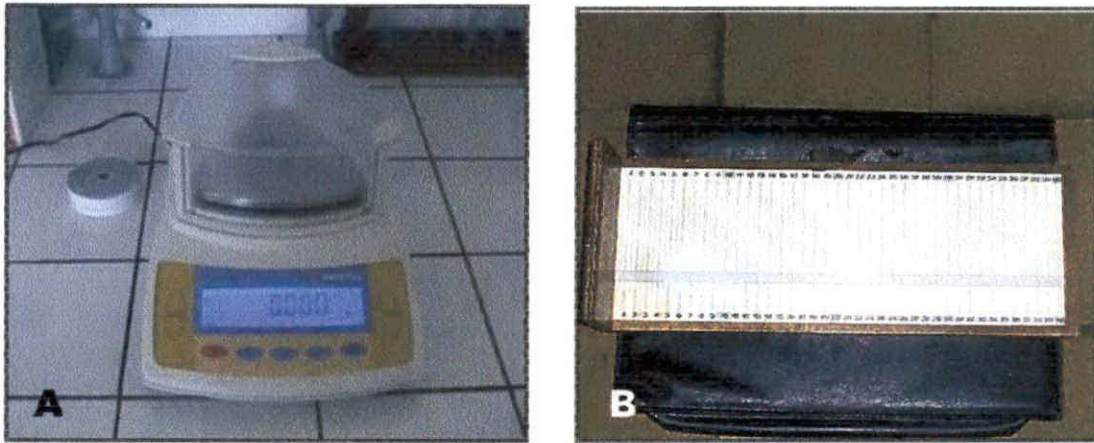


Figure 15 : Matériel utilisé pour mesurer les paramètres biométriques pendant le suivi de la croissance (A : Balance à précision ; B : Ichtyomètre).

4.3. Méthodes de calcul :

4.3.1. Croissance relative (relation taille – poids) (Tessier, 1948) :

Une relation d'allométrie de type $W = a L^b$ lie le poids d'un poisson à sa longueur ; dans cette équation :

W : poids du poisson (g).

L : longueur du poisson (cm).

a : constante.

b : coefficient d'allométrie (entre le poids et la longueur).

- * Si $b = 3$, la croissance est dite isométrique, c'est-à-dire que W croît proportionnellement au cube de la longueur.
- * Si $b < 3$, l'allométrie est minorante, c'est-à-dire que W croît moins vite que le cube de la longueur.
- * Si $b > 3$, l'allométrie est majorante, c'est à dire que W croît plus vite que le cube de la longueur. Les valeurs de a et b s'obtiennent en transformant la fonction exponentielle ci-dessus en fonction linéaire de type: $\ln W = \ln a + b \ln L$

4.3.2. Taux de mortalité :

Le taux de mortalité (T. M.) est déterminé au moment des échantillonnages comme suit :

$$\text{T. M. (\%)} = (\text{Nb d'individus morts} / \text{Ni}) \times 100$$

Ni : effectif initial

5. Étude de l'inversion sexuelle

L'étude de l'inversion sexuelle est effectuée sur les lots traités à la 17 α -MT. Pour cela, et après 16 semaines d'élevage, les poissons ont atteint un poids moyen de 13,03 g et une taille moyenne de 9,3 cm qui nous permettent d'effectuer un sexage manuel pour déterminer leur sex-ratio*, et de confirmer ces résultats au moyen d'un microscope photonique en pratiquant des *squashes* gonadiques*.

5.1. Sexage manuel :

La technique de sexage manuel est pratiquée par examen de la papille urogénitale. Avec cette méthode, un pourcentage d'erreur n'est pas à exclure. Pour avoir une bonne fiabilité des résultats, tous les individus des trois lots vont être soumis à cette même technique (fig. 16).



Figure 16 : Examen de la papille génitale pour déterminer le sexe de l'individu.

5.2. Squash gonadique :

Après le sexage manuel, et lorsque les caractéristiques histologiques de la différenciation gonadique femelle et mâle sont bien engagées, tous les alevins de chaque lot sont sacrifiés et disséqués pour extraire les gonades et les examiner, par simple *squash* sous microscope à un grossissement de 10x et 40x.

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

CHAPITRE III : RESULTATS ET DISCUSSION

1. Etude des paramètres physico-chimiques

1.1. Dans le Raceway de reproduction

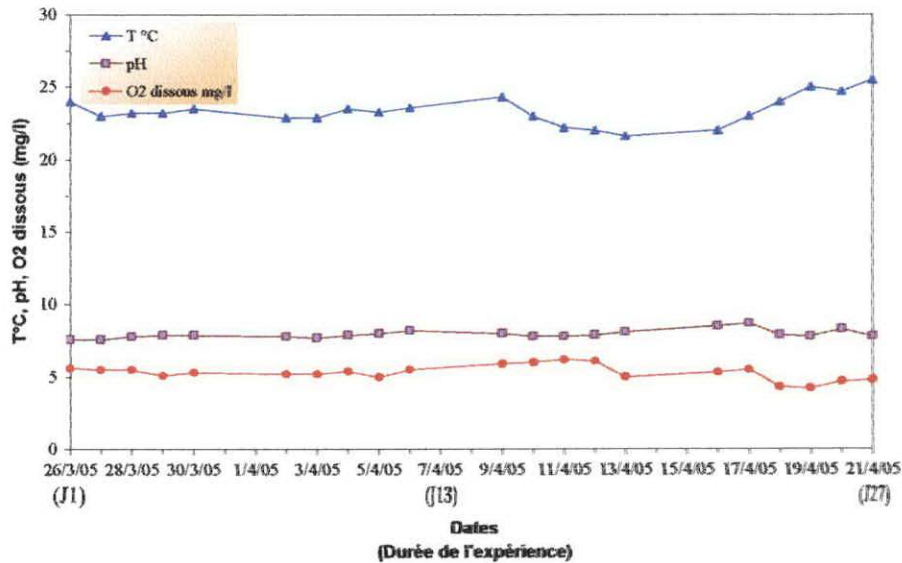
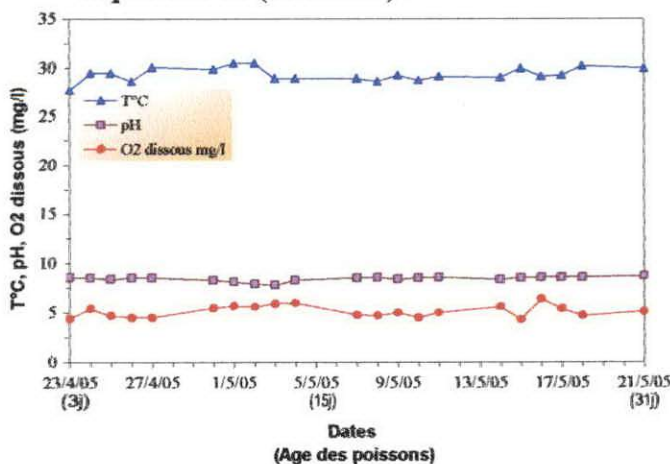


Figure 17 : Paramètres physico-chimiques du Raceway de reproduction

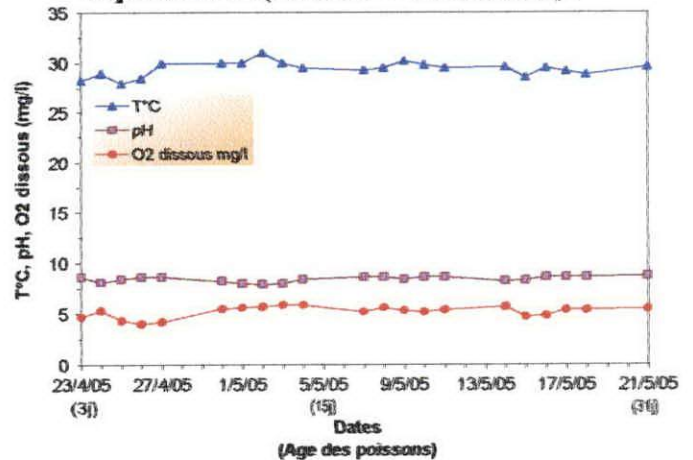
La figure 17 représente les variations des paramètres physico-chimiques durant la phase de reproduction qui s'est déroulée du 26 mars au 21 avril 2005, la température varie entre 21.6 et 25.5 °C avec une moyenne de 23.35 ± 1.00 °C, ce qui correspond à la saison (début de printemps) ; le pH fluctue entre 7,6 et 8,7 avec une moyenne de 7.95 ± 0.28 et l'oxygène dissous entre 4.2 et 6.2 mg/l avec une moyenne de 5.3 ± 0.53 mg/l.

1.2. Dans les aquariums d'alevinage :

Aquarium 01 (lot témoin) :



Aquarium 02 (lot traité ⇔ une semaine) :



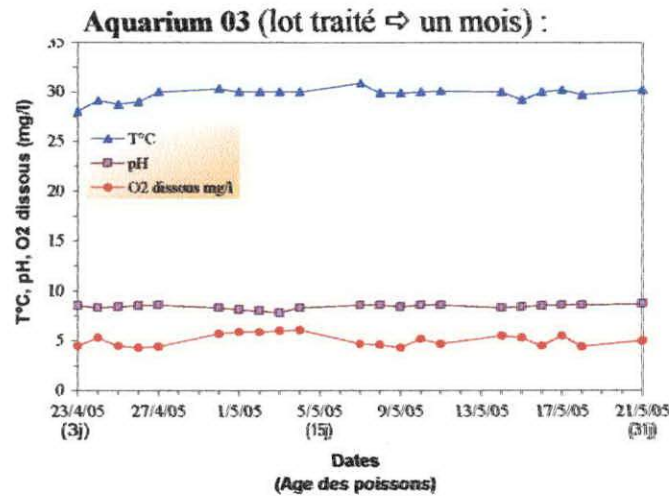


Figure 18 : Paramètres physico-chimiques des aquariums 01, 02 et 03

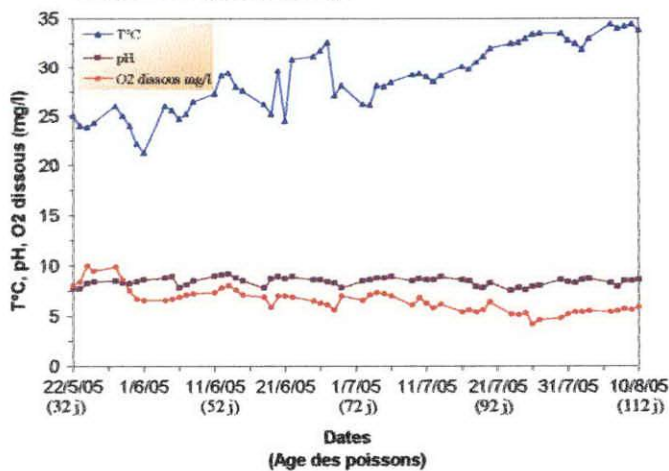
Pour cette deuxième phase de l'expérience qui est l'alevinage et l'inversion sexuelle, nous avons essayé de maintenir les paramètres physico-chimiques à l'optimum pour minimiser les facteurs de stress aux poissons (fig.18). Cette phase a duré un mois (du 21 avril au 21 mai 2005) avec des moyennes de température de $29.4 \pm 0.69^\circ\text{C}$ pour les aquariums 01 et 02 et $29.8 \pm 0.64^\circ\text{C}$ pour l'aquarium 03.

La moyenne retenue pour le pH est de 8.42 ± 0.23 pour l'aquarium 01, de 8.4 ± 0.25 pour l'aquarium 02 et de 8.42 ± 0.23 pour l'aquarium 03.

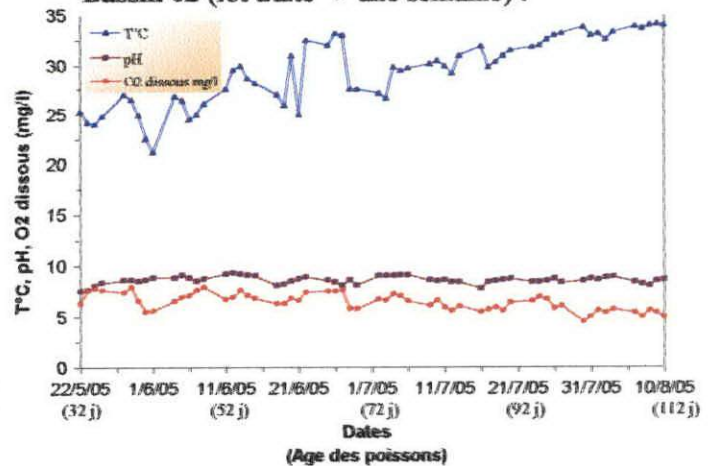
Pour l'oxygène dissous, une moyenne de 5.1 ± 0.60 mg/l est relevée de l'aquarium 01, de 5.2 ± 0.55 mg/l de l'aquarium 02 et de 5.06 ± 0.62 mg/l de l'aquarium 03.

1.3. Dans les bassins de prégrossissement

Bassin 01 (lot témoin) :



Bassin 02 (lot traité ⇨ une semaine) :



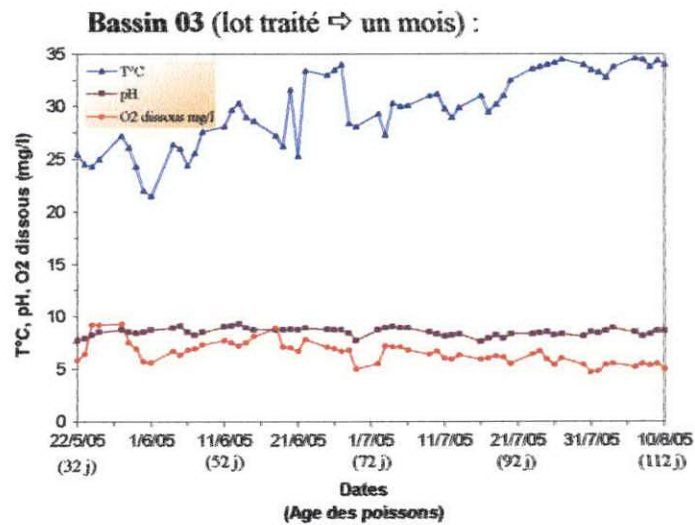


Figure 19 : Paramètres physico-chimiques des bassins 01, 02 et 03

Le prégrossissement des alevins s'est déroulé à l'extérieur (en plein air) durant 03 mois (du 22 mai au 13 août 2005), ce qui explique les fluctuations de ces paramètres (fig.19), surtout la température qui varie pour les trois bassins de 21.33°C en début juin à 34.3°C à la mi-août, avec une moyenne de $28.9 \pm 3.5^\circ\text{C}$ pour le bassin 01, $29.4 \pm 3.39^\circ\text{C}$ pour le bassin 02 et $29.8 \pm 3.58^\circ\text{C}$ pour le bassin 03. Cette hausse est relative à la saison estivale.

Le pH varie pour les trois bassins de 7.53 à 9.27 avec une moyenne de 8 ± 0.4 pour le bassin 01, 8.57 ± 0.38 pour le bassin 02 et 8.5 ± 0.4 pour le bassin 03.

En ce qui concerne l'oxygène dissous, ses valeurs varient de 4.47 à 9.07 mg/l avec des moyennes de 6.5 ± 1.2 mg/l pour le bassin 01, 6.42 ± 0.85 mg/l pour le bassin 02 et 6.5 ± 1.1 mg/l pour le bassin 03.

Conclusion :

Le Tilapia est une espèce relativement euryèce qui s'adapte à de larges variations écologiques. Les paramètres physico-chimiques relevés tout au long de l'expérience semblent convenir totalement à *Oreochromis niloticus* et l'ensemble des valeurs se trouve dans l'intervalle optimum de l'espèce.

2. Etude des paramètres biologiques

2.1. Etude de la croissance

2.1.1. Croissance pondérale

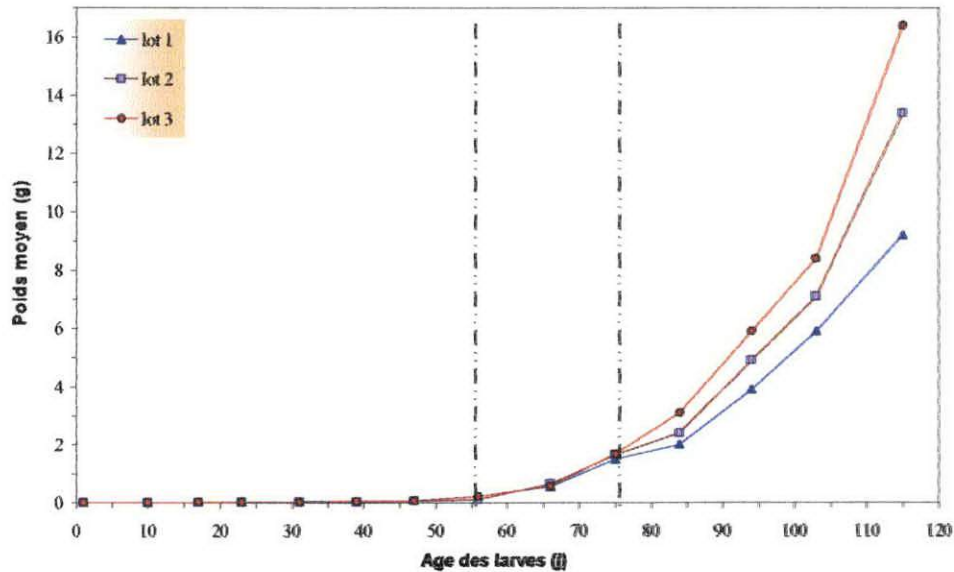


Figure 20 : Croissance d'*Oreochromis niloticus* en fonction du poids moyen

Dans le graphe ci-dessus, on remarque que les alevins sont passés d'un poids de 0.01g pour les trois lots à la fin avril à un poids de 9.2 g pour le lot 01, de 13.4 g pour le lot 02 et de 16.4 g pour le lot 03 à la mi-août. On remarque aussi que les trois courbes de l'évolution pondérale, ont la même allure ; la différence demeure dans la cinétique de croissance pour chaque lot. Suite à ça, on peut diviser le graphe en trois parties :

- ◆ Une croissance plutôt **stationnaire** pendant les sept premières semaines (1-55 JAE**) où on décèle un gain de poids de 0.22 g pour le lot 01, de 0.1 g pour le lot 02 et de 0.22 g pour le lot 03 ;
- ◆ Une croissance **lente** pendant trois semaines (55-75 JAE), où le gain de poids est de 1.3 g, 1.54 g et 1.46 g respectivement pour les lots 01, 02 et 03 ;
- ◆ Une croissance qui **s'accélère** nettement pendant les six dernières semaines (75-115 JAE) avec un gain de poids de 7.7 g pour le lot 01, 11.8 g pour le lot 02 et 14.7 g pour le lot 03.

**JAE : jours après éclosion

2.1.2. Croissance linéaire

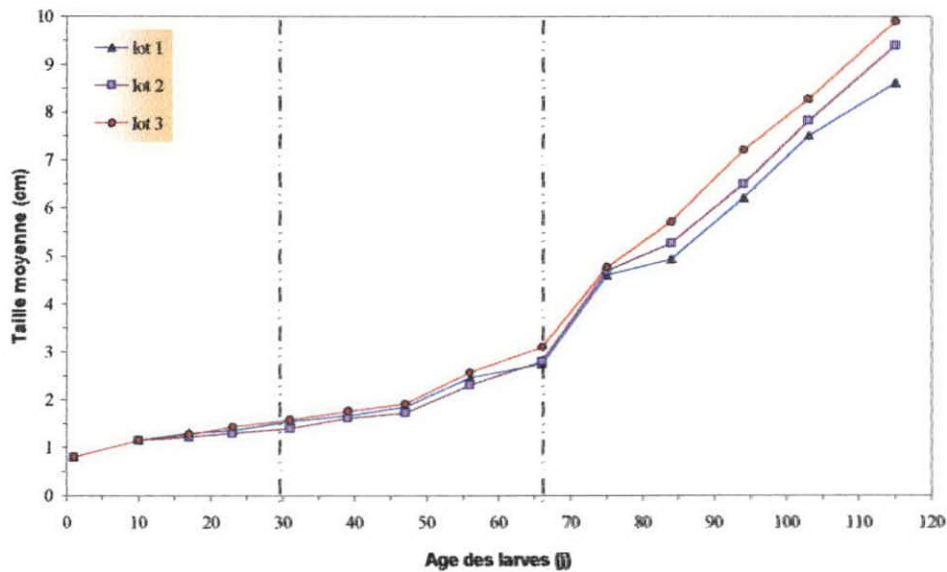


Figure 21 : Croissance d'*Oreochromis niloticus* en fonction des tailles moyennes

Pour la croissance linéaire, on remarque le même schéma d'évolution que pour la croissance pondérale. De la figure 21, on peut remarquer que les alevins sont passés d'une taille de 0.8 cm (à leur éclosion) à une taille de 8.6 cm pour le lot 01, de 9.4 cm pour le lot 02 et de 9.9 cm pour le lot 03 à la fin de l'expérience.

Le graphique nous montre aussi que les trois courbes sont pratiquement superposées et ce jusqu'au 75^{ème} jour. Ensuite, l'évolution semble plus rapide pour le lot 03 que pour le lot 2 qui est encore plus rapide que pour le lot 01.

A partir de ces courbes, on peut déduire trois phases pour les trois lots, qui correspondent à trois vitesses de croissance :

- ◆ Une croissance linéaire **stationnaire** pendant le premier mois d'élevage (1-30 JAE) qui correspond à la phase d'alevinage où le gain en taille est de 0.75 cm pour le lot 01, 0.6 cm pour le lot 02 et 0.78 cm pour le lot 03 ;
- ◆ Une croissance linéaire **lente** pendant le deuxième mois (30-65 JAE), avec un gain en taille de 1.95 cm, 2 cm et 2.29 cm respectivement pour les lots 01, 02 et 03 ;
- ◆ Une croissance **rapide** pendant les deux derniers mois (65-115 JAE), le gain en taille est de 5.86 cm pour le lot 01, 6.6 cm pour le lot 02 et 6.81 cm pour le lot 03 ;

Bien que les conditions physico-chimiques semblent convenir à l'alevinage et bien que la ration alimentation soit respectée et présentée sous forme pulvérulente pour faciliter son ingestion aux larves, la première phase de la croissance pondérale et linéaire d'aspect stationnaire, pourrait être due au confinement du milieu (pendant l'alevinage dans les aquariums) ou à l'inadaptation à l'aliment donné qui peut être attribuée à son tour à différents facteurs : formulation inadéquate, médiocre qualité des matières premières ou taux de protéines en-deça des valeurs préconisées par Jauncey & Ross (*in* FAO, 1989) (Tab. III).

Tableau III : Proportions des composés alimentaires (en % de la matière sèche) pour différentes catégories de Tilapias (d'après JAUNCEY & ROSS *in* FAO, 1989).

Composés (% mat. sèche)	<0.5g	0.5-10 g	10-35 g	35g	Généteurs
Protéines brutes	50	35-40	30-35	25-30	30
Lipides bruts	10	10	6-10	6	8
Hydrates de C digestibles	25	25	25	25	25
Fibres	8	8	8-10	8-10	8-10
Vitamines	2	2	2	2	2
Minéraux	4	4	4	4	4

La deuxième phase de croissance correspond au prégrossissement (31-115 JAE) qui se déroule dans les bassins circulaires où la densité d'empeusement varie de 51.33 individus/m³ pour le lot 01, 33.33 individus/m³ pour le lot 02 et 41.32 individus/m³ pour le lot 03 à 31 JAE (correspond à la période où la croissance est lente) à 44 individus/m³ pour le lot 01, 18 individus/m³ pour le lot 02 et 17 individus/m³ pour le lot 03 à 115 JAE (correspond à la période où la croissance est rapide). Les poissons sont placés en élevage mixte (lot 01), ou en élevage monosexé (inversion hormonale : lots 02 et 03).

Vers 80-85 JAE, la croissance est rapide mais à des vitesses différentes pour les trois lots. Nous pensons que cette différence de croissance pourrait correspondre à la maturité sexuelle du Tilapia qui intervient à cet âge dans un élevage, sans oublier que les individus mâles présentent une croissance nettement plus rapide que les femelles et atteignent une taille nettement supérieure (lot 03).

On remarque que durant cette troisième phase, la croissance du lot 02 est plus rapide que celle du lot 01 bien qu'ils aient le même sex-ratio et soient élevés dans les mêmes conditions. La seule variante réside dans la densité d'empeusement des bassins qui est moins importante pour le lot 02.

On remarque aussi que la croissance du lot 03 est plus rapide que celle du lot 02 bien que la densité ainsi que les conditions d'élevage sont les mêmes pour les deux lots. La seule variante réside dans le pourcentage des mâles et le sex-ratio dans chaque lot qui tend vers 1/1 (mâle/femelle) dans le lot 02 et vers 1/0 dans le lot 03.

On peut déduire que deux paramètres ont influencé la croissance des alevins des trois lots durant toute l'expérience : 1) la densité d'élevage et 2) le sex-ratio.

Conclusion :

L'hétérogénéité du poids des poissons soumis à un même traitement augmente avec la croissance. Ces différences de croissance dans un groupe (lot) de poissons ayant le même poids initial et vivant dans les mêmes conditions peuvent s'expliquer par le ratio sexuel, le comportement face à l'aliment et/ou la génétique (Gardeur *et al.* in Ouledmaamar & Tikerrouchine, 2005). Une densité élevée serait probablement responsable d'un ralentissement de la croissance d'individus du même lot, créant ainsi des écarts relativement importants. De plus, ces différences de croissance ne résultent pas seulement d'une compétition pour la nourriture mais également peuvent être dues à une augmentation du stress résultant de l'accroissement des contacts inter individus.

2.2. Relation taille-poids

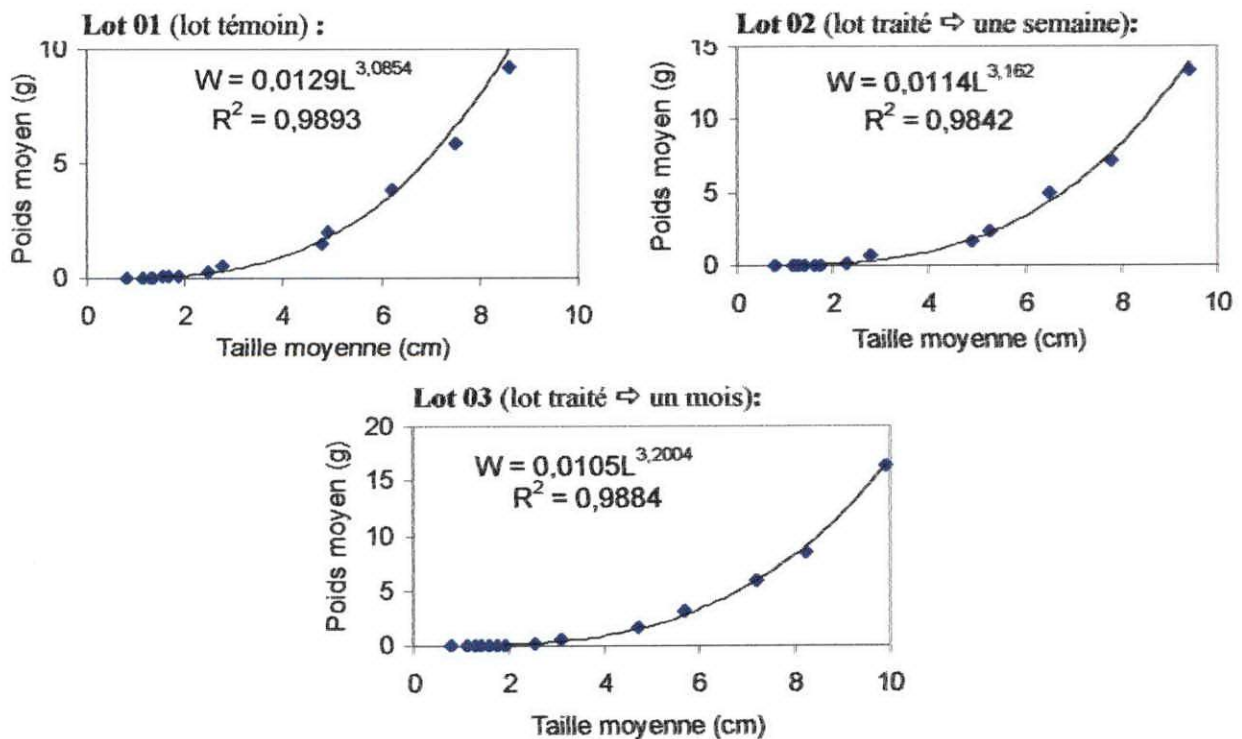


Figure 22 : Comparaison des relations taille-poids entre les lots 01, 02 et 03

La figure 22 représente la relation taille-poids des individus d'*Oreochromis niloticus* étudiés. L'application du modèle de croissance de Von Bertalanffy (Lazard *et al.*, 1990) montre qu'il existe une très bonne corrélation pour les trois lots ($R_1^2 = 0.99$; $R_2^2 = 0.98$; $R_3^2 = 0.99$). Néanmoins, l'application d'un modèle peut s'avérer hasardeuse vu le nombre réduit d'individus ainsi que les conditions de l'expérience (utilisation d'hormone). Cependant, la valeur de la pente obtenue pour les trois lots (3.08 ; 3.16 ; 3,2) est voisine de 3, ceci est en accord avec la bibliographie étudiée (Moreau *in* Lazard *et al.*, 1990).

La représentation graphique de la relation taille-poids du lot 01 montre que l'allométrie est isométrique, le coefficient de croissance relative entre le poids et la longueur est égal à 3 ($b = 3.0854$), c'est à dire que le poids croit proportionnellement au cube de la longueur, on remarque aussi un très bon coefficient de corrélation ($R^2 = 0,9893$) qui met en évidence le degré de corrélation entre les deux variables.

Concernant le lot 02, on remarque que le coefficient d'allométrie est supérieur à 3 ($b = 3,162$), le type de croissance est dit majorante c'est à dire que le poids croit plus vite que le cube de la longueur et la corrélation entre les deux variables est très élevée ($R^2 = 0,9842$).

La représentation graphique de la relation taille-poids du lot 03 présente un coefficient d'allométrie supérieur à 3 ($b = 3,2004$), le type de croissance dans ce cas est dit majorante ; c'est à dire que le poids croit plus vite que le cube de la longueur et les deux variables sont bien corrélées ($R^2 = 0.9884$).

D'après les résultats obtenus, nous pouvons avancer que les alevins n'évoluent pas de la même manière puisque nous sommes en présence de deux types de croissance.

Sachant que les trois lots d'alevins sont placés dans des conditions d'élevage similaires et que la seule variante est l'incorporation ou pas d'hormones dans l'aliment ainsi que sa durée d'administration aux alevins, on peut conclure selon les observations notées pendant l'expérience que les alevins de *Tilapia* traités aux androgènes présentent généralement une croissance plus rapide que les individus non traités, confirmé par Rothbard *et al.* (1983).

2.3. Etude du taux de mortalité cumulée

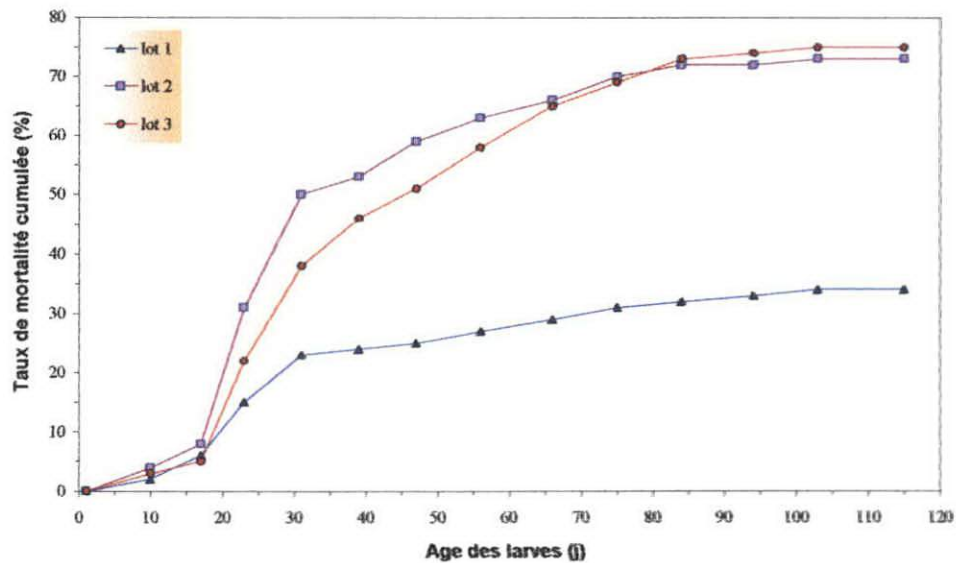


Figure 23 : Mortalité cumulée chez *Oreochromis niloticus*

D'après la figure 23, les taux de mortalité sont de 23 % pour le lot 01, de 52 % pour le lot 02 et de 38 % pour le lot 03 pour le premier mois d'alevinage.

Nous pensons particulièrement au cannibalisme* et à l'agressivité reconnue du Tilapia pour expliquer ces mortalités, car c'est au cours de la période d'alevinage que ce phénomène est le plus à craindre (Lazard *et al.*, 1990) et que quelques larves mortes avaient les yeux perforés et le corps déchiqueté. Nos suppositions semblent être confirmées par Balarin & Haller (1982); ils ont démontré qu'il arrive également que le cannibalisme apparaisse parmi les alevins d'une même ponte. Dans ce cas, la différence de poids et/ou de taille (rapport 3 à 1) engendre un comportement agressif allant jusqu'au cannibalisme; ce qui semble se produire dans notre expérience d'après les résultats de la pesée du 21 mai 2005 (par exemple, nous avons des individus de 0.123 et de 0.016 g dans le lot 01 et des individus de 0.052 et 0.017 g dans le lot 02). Cette hétérogénéité du poids et de la taille apparaît, pour les trois lots, durant toute la durée de l'expérience.

2.4. Etude de l'inversion sexuelle

Tableau IV : Résultats du sexage manuel et du *squash* gonadique pratiqués sur les individus d'*Oreochromis niloticus*

	Effectif au sexage	Survie (%) (Ni=100)	Sexage manuel					Squash gonadique				
			♂	♀	Ind.	♂♀	Mâles (%)	♂	♀	Ind.	♂♀	Mâles (%)
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

Ni : effectif initial

Ind. : indéterminé

♂♀ : Inversion incomplète, organisme avec gonade mixte (hermaphrodite).

- ❖ La survie des alevins, déterminée au moment du sexage, diffère d'une manière significative entre le lot témoin et ceux soumis à l'inversion hormonale.
- ❖ Les sex-ratios des trois lots d'alevins (118 individus) ont été déterminés par sexage manuel puis confirmés par squash gonadique (Tab.IV). Aucune différence significative n'apparaît dans le sex-ratio du lot 02 par rapport au lot témoin
- ❖ Le premier lot (témoin) présente un sex-ratio de 1/1 (mâle/femelle), le deuxième lot (traité à l'hormone pendant une semaine) présente aussi un sex-ratio de 1/1, par contre, le troisième lot (traité à l'hormone pendant un mois) a un sex-ratio de 1/0.
- ❖ L'examen microscopique du lot 02 révèle que 40.74 % des individus présentent des caractéristiques hermaphrodites c'est à dire que la gonade est mixte est présente les deux tissus mâle et femelle à la fois. Nous pensons que l'apparition de ce phénomène est liée à la courte durée du traitement hormonal qu'a subi ce lot (une semaine). Car Chez *O. niloticus*, la sensibilité au traitement hormonal apparaît durant une période critique précise. Le traitement pour être efficace doit être appliqué durant une période minimale de 21 jours. Histologiquement, se déroulent successivement chez les individus femelles, la prolifération ovogoniale entre 20 et 28 JPF** (Baroiller, 1988). Chez le mâle, durant la même période, se déroule la phase de multiplication très progressive des cellules somatiques et spermatogoniales (Baroiller, 1988). Les hormones exogènes sont donc fournies à l'alevin avant la mise en place de ces processus histologiques.
- ❖ Le traitement du lot 03 à la 17 α -MT a déplacé significativement, par rapport au témoin, le sex-ratio en faveur du sexe mâle.

- ❖ Le traitement du lot 03 à la 17 α -MT a déplacé significativement, par rapport au témoin, le sex-ratio en faveur du sexe mâle.

Conclusion

De nos données, on peut conclure que l'expérience de l'inversion du sexe par hormone est réussie pour le lot 03 (traité à l'hormone pendant un mois), on a obtenu un sex-ratio de 1/0 (mâle/femelle) par rapport au lot témoin qui présente un sex-ratio de 1/1. Le deuxième lot (traité à l'hormone pendant une semaine) présente le même sex-ratio de 1/1, ce qui signifie que l'inversion sexuelle, dans ce lot, ne s'est produite ou était incomplète.

Conclusion

L'objectif principal de la présente étude a porté sur la technique d'inversion hormonale du sexe d'*Oreochromis niloticus*, qui consiste à obtenir une population d'individus phénotypiquement identiques par administration de stéroïdes sexuels. Ce traitement aux androgènes a conduit à des résultats très intéressants dans notre cas. En effet, au terme de nos travaux, nous avons constaté que :

1. Les différentes phases d'élevage aussi bien des géniteurs que des larves montrent que les paramètres physico-chimiques relevés tout au long de l'expérience semblent convenir parfaitement à *Oreochromis niloticus* puisque l'ensemble des valeurs enregistrées se trouve dans l'intervalle optimum de l'espèce.
2. Les sex-ratios des trois lots d'alevins ont été déterminés par sexage manuel puis confirmés par squash gonadique de la totalité des 118 poissons obtenus soit trois lots. Un des deux lots traités à la 17α -MT présente une déviation du sex-ratio par rapport au témoin. Aucune différence significative n'apparaît dans le sex-ratio du deuxième 02 par rapport à ce lot témoin.
3. Les alevins étant mis dans les mêmes conditions expérimentales ont présenté des taux de croissance assez faibles. Nous supposons que l'aliment fourni et le confinement du milieu seraient la cause du nanisme observé. En plus de ce dernier, nous avons eu des taux de mortalité pouvant atteindre des seuils élevés. Nous pensons au cannibalisme et à l'agressivité reconnue du *Tilapia* pour expliquer ces mortalités.
4. Signalons enfin que les alevins de *Tilapia* traités aux androgènes présentent généralement une croissance plus rapide que les individus non traités (Guerrero, 1982 ; Rothbard *et al.*, 1983 ; Guerrero & Guerrero, 1988 ; Baroiller, 1988 ; Baroiller & Toguyeni, 1996).
5. La survie des alevins, déterminée au moment du sexage, diffère d'une manière significative entre le lot témoin et ceux soumis à l'inversion hormonale. 40,74% des individus du lot 02 révèlent lors de l'examen microscopique de leurs squashes des caractéristiques hermaphrodites. On pense que l'apparition de ce phénomène est du à la courte durée du traitement hormonal qu'a subit ce lot (une semaine)

Bibliographie

- ADJOUT H. & MEZIANE N., 2002** – Etude technico-économique d'une ferme aquacole de production intensive de *Tilapia nilotica* intégrée à l'agriculture dans la région d'Adrar au sud de l'Algérie. *Master européen. Amén. Gest. Prod. Aquat.* Université Montpellier II : 61 p
- ARRIGNON J., 2000** – Pisciculture en eau douce : le Tilapia. *Le technicien d'agriculture tropicale. Maisonneuve et Larose* : 125 p.
- BALARIN J. D. & HALLER R. D., 1982** – The intensive culture of Tilapia in tanks, raceways and cages. In: *Muir & Roberts (eds). Recent Advances in Aquaculture, vol. 1, London*
- BALARIN J. D. & HATTON J. D., 1979** – Tilapia: A guide to their biology and culture in Africa. *Unit of Aqua. Pathobio., Stirling University.* 174 p.
- BAROILLER J. F. & JALABERT B., 1989** – Contribution of research in reproductive physiology to the culture of Tilapias. *Aquat. Living Resour.* (2): 105-116.
- BAROILLER J. F. & JALABERT B., 1990** – Physiologie de la reproduction des Tilapias : Bilan des connaissances et perspectives de recherche d'intérêt appliqué. In : *Lazard, Jalabert et Doudet (eds). L'aqua. Tilapias du dev. Rech. Cahiers scientifiques du CTFT* (10) : 39-62.
- BAROILLER J. F. & TOGUYENI A., 1996** – Comparaison des effets d'un stéroïde naturel, la 11 β -Hydroxy-androsténédione (11 β -OH-A4) et d'un androgène de synthèse, la 17 α -Méthyltestostérone (17 α -MT) sur le sex-ratio chez *Oreochromis niloticus*. In : *Pullin & Lazard (eds). Third International Symposium on Tilapia in aquaculture, nov. 1991, Côte d'Ivoire. ICLARM Conf. Proc.* (41) : 261-269.
- BAROILLER J. F., 1988** – Etude corrélée de l'apparition des critères morphologiques de la différenciation de la gonade et de ses potentialités stéroïdogènes chez *Oreochromis niloticus*. *Ph. D. dissertation, University Pierre et Marie Curie, Paris.*
- BAROILLER J. F., 1996** – Significant proportions of unexpected males in the majority of progenies from single pair matings with siblings sex-inversed males of *Oreochromis niloticus*. In: *Pullin & Lazard (eds). Third International Symposium on Tilapia in aquaculture, november 1991, Côte d'Ivoire. ICLARM Conf. Proc.* (41) : 319-327.
- BOUROUBI H. & ZEGHIMI M. L., 2004** – Etude de l'adaptation à la salinité d'un poisson d'eau douce : *Oreochromis niloticus* (Pisces, cichlidae). *Mémoire Ing. d'état, U.S.T.H.B. (Alger)* : 42 p.

- BOUZID N. & FARAH S., 2004** – Impact du PbO sur la croissance et maturité sexuelle de Tilapia : *Oreochromis niloticus*. *Mémoire Ing. d'état, I.S.M.A.L.(Alger)* : 51 p.
- CHAPMAN A., 2003** – Culture of hybrid Tilapia : reference profile. *IFAS extension. University of Florida. Edis.* : 86 p.
- ENCARTA 2003** – Tilapia. *Encyclopédie® Microsoft® Encarta 2003* ; © 1993-2002 Microsoft Corporation.
- FAO, 1989** – Aquaculture production (1984-1986). *FAO Fisheries Circular, 815, FIDI/C815*: 106 p.
- FAO, 2002** – Les méthodes de production d'alevins de *Tilapia nilotica*. *ADCP/REP/89/46* : 120 p.
- GUERRERO R. D., 1982** – Control of Tilapia reproduction. *In: Pullin & Lowe-McConnell (eds). The biology and culture of Tilapia, ICLARM Conf. Proc. (7)* : 309-316
- GUERRERO R. D. & GUERRERO L. A., 1988** – Feasibility of commercial production of sex reversed Nile Tilapia fingerlings in the Philippines. *In Pullin, Maclean (eds). Second International Symposium on Tilapia in aquaculture, march 1987, Thailand ICLARM conf. Proc. (15)* : 183-186.
- JALABERT B., MOREU J., PLANQUETTE P., BILLARD R., 1974** – Déterminisme du sexe chez *Tilapia nilotica* : action de la méthyltestostérone dans l'alimentation des alevins sur la différenciation sexuelle ; proportion des sexes dans la descendance des mâles « inversés ». *Ann. Biol. Anim. Biochim. Biophys.*, **14 (4-B)** : 729 – 739.
- LAZARD J., 1980** – Le développement de la pisciculture intensive en Côte d'Ivoire. Exemple de la ferme piscicole pilote de Natio-Kobadara. *Notes et Documents sur la pêche et la pisciculture, (21)* : 1-44.
- LAZARD J., 1984** – L'élevage du Tilapia en Afrique. *Données techniques sur sa pisciculture en étang. Revue Bois et Forêts des Tropiques, (206)* : 33-50.
- LAZARD J., 1990** – Transferts de poissons et développement de la production piscicole. *Rev. Hydrobiol. Trop.*, **23(3)** : 251-256.
- LAZARD J., JALABERT B. & DOUDET T., 1990** – L'aquaculture des Tilapias du développement à la recherche. *Cahiers scientifiques, (10), C.T.F.T.* : 115p.
- LOWE-McCONNELL R. H., 1982** – Tilapias in fish communities. *In : Pullin & Low-McConnell (eds). The biology and culture of Tilapias. ICLARM Conf. Proc., (7)* : 83-113.

- MALCOLM C., BEVERIDJE H. & McANDREW B. J., 2000** – Tilapias: biologie and exploitation. *Institute of aquaculture. University of stirling, Scotland. Kluwer Academic Publishers*: 185 p.
- McANDREW B. J. & MAJUMDAR K. C., 1989** – Growth studies on juvenile Tilapia using pure species, hormone-treated and nine interspecific hybrids. *Aquaculture and Fisheries Management* (20) : 35-47.
- MIRES D., 1982** – A Study of the problems of the mass productions of hybrid Tilapia fry. *In : Pullin & McConnell (eds). ICLARM. Conf. Proc. Center for Living Aquatic Res. Management, Philippines, (7) : 317-329.*
- MOREAU J., 1979** – Biologie et évolution des peuplements de Cichlides introduits dans les lacs malgaches d'altitude. *Thèse de Doctorat d'Etat n°38, Institut Polytechnique de Toulouse : 301 p.*
- OULDMAAMAR S. & TIKARROUCHINE K., 2005** – Contribution à la recherche d'indicateurs biologiques d'exposition à des polluants. Cas de l'effet du Pb²⁺ sur la croissance, le métabolisme et la maturité sexuelle du Tilapia : *Oreochromis niloticus. Mémoire Ing. d'état, université de Blida : 80 p.*
- PULLIN R. S. V. & LOWE-McCONNELL R. H., 1982** – The biology and culture of Tilapias. *ICLARM Conf. Proc., philippines, (7) : 432 p.*
- ROTHBARD S., SOLNIK E., SHABBATH S., AMADO R., GRABIE I., 1983** – The technology of mass production of hormonally sex-inversed all male Tilapias. *In Fishelton & Yaron (eds). First International Symposium on Tilapia in Aquaculture. Israel : 425-434*
- RUWET J. C., VOSS J., HANON L., MICHA J. C., 1976** – Biologie et élevage du Tilapia. *In : FAO (eds), Symposium on aquaculture in Africa, october 1975, Ghana. CIFA Tech. Pap., (4) : 332-364.*
- TREWAVAS E., 1983** – Tilapias: Taxonomy and Speciation. *In : Pullin & Maclean (eds). Second International Symposium on Tilapia in aquaculture, march 1987, Thailand ICLARM conf. Proc., (15) : 3-13.*
- TURNER G. F., 1986** – Territory dynamics and cost of reproduction in a captive population of the colonial nesting mouth-brooder *Oreochromis mossambicus*. *Journ. Fish Biol., (29) : 573-587.*

SITES INTERNET:

<http://www.ier.ml/peche/oni.htm>

<http://www.animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/pictures/Oreochromis.html>

<http://www.animaldiversity.ummz.umich.edu/site/accounts/classification/Oreochromis.html#Oreochromis>

<http://www.fao.org/docrep/T8655f/t8655fo3.html>

<http://www.aquatext.com/index.html>

<http://www.webcityof.com/miffitl.htm>

<http://www.fishbase.org/>

<http://www.worldfishcenter.org/>

<http://www.ag.auburn.edu/dept/faa>

<http://www.larvalbase.org/>

ENTERPRISES CONSULTEES:

L'hormone Méthyltestostérone, flacon de 5 g. Laboratory : Fluka Chemika. Code :
435667/1 2/002. C₂₀ H₃₀ O₂ (58-18-4). Packed in Switzerland.

Annexe

ANNEXE 01 : Le comportement reproductif chez *Oreochromis niloticus*

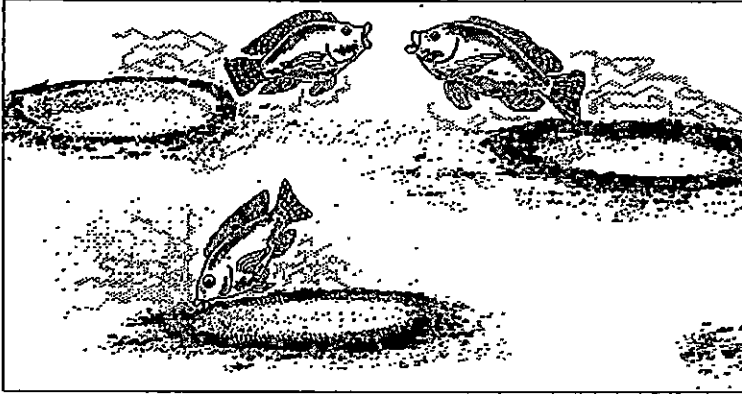


Figure 01: Des mâles rivalisent et défendent leurs nids au-dessus.
Un mâle nettoie et construit un nid dessous.

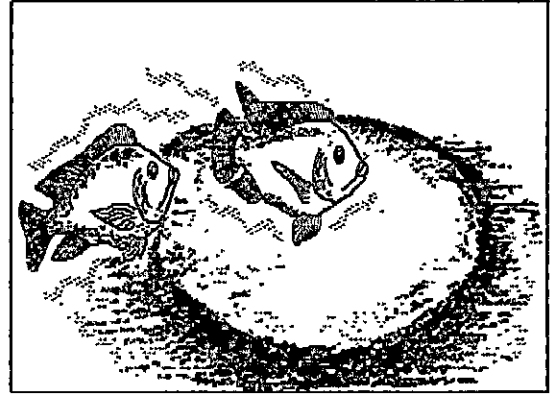


Figure 02: Un mâle qui essaie d'attirer une femelle
dans son nid pour la féconder

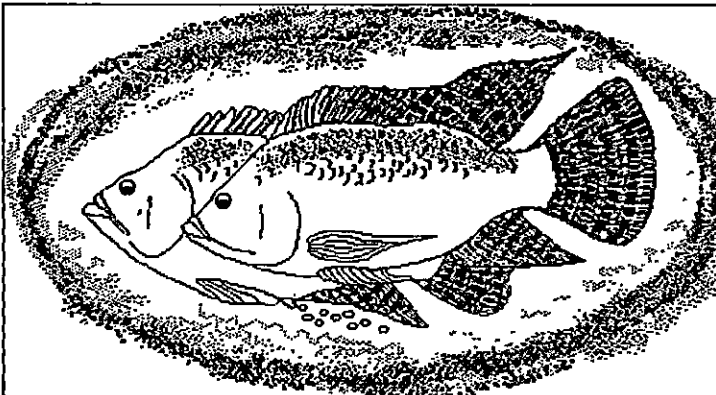


Figure 03: L'accouplement où la femelle pond les œufs
pendant que le mâle s'apprête à les féconder

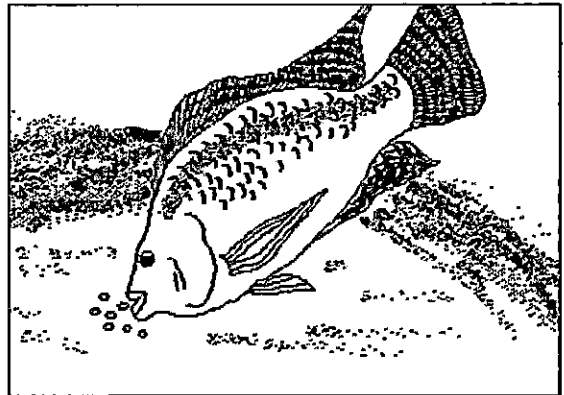


Figure 04: Incubation buccale des œufs par la femelle après
leurs fertilisation par le mâle

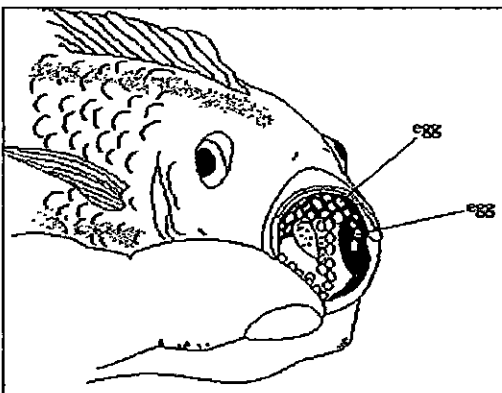


Figure 05: Les œufs incubés dans la bouche de la
femelle. Ils vont éclore dans 3 à 5 jours.

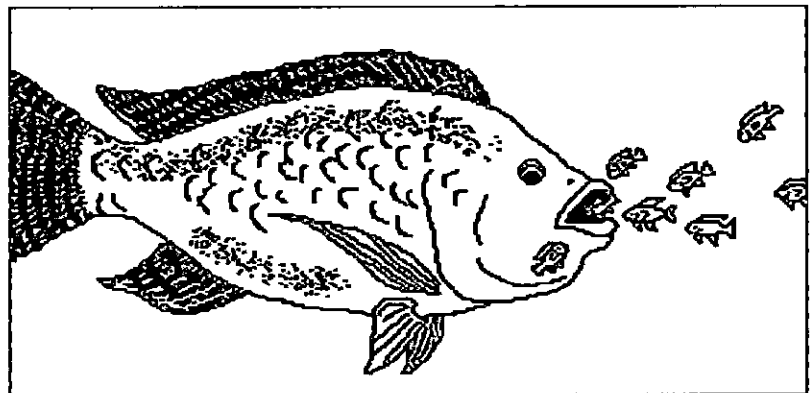


Figure 06: La femelle garde les alevins pendant 5 à 7 jours. Ils se réfugient dans
sa bouche au moindre danger.

ANNEXE 04: Paramètres physico-chimiques dans les bassins de prégrossissement

Dates	Bassin 01			Bassin 02			Bassin 03		
	T°C	pH	O2 mg/l	T°C	pH	O2 mg/l	T°C	pH	O2 mg/l
22-mai-05	25	7,7	8	25,5	7,7	5,8	27,5	8,5	6,3
23-mai-05	24	7,7	8,4	24,5	7,9	6,4	26,1	8,6	7,6
24-mai-05	23,9	8,2	10	24,3	8,2	9,2	27,1	8,7	7,8
25-mai-05	24,3	8,4	9,5	25	8,5	9,2	27,8	8,8	7,6
26/27-mai-05	//	//	//	//	//	//	//	//	//
28-mai-05	26	8,5	9,9	27,2	8,7	9,3	29	8,9	7,4
29-mai-05	25	8,3	8,6	26,1	8,5	7,5	27,5	8,9	7,9
30-mai-05	24	8,2	7,5	24,3	8,4	6,9	25,3	9	6,5
31-mai-05	22,2	8,4	6,7	22	8,5	5,7	23	8,9	5,5
01-juin-05	21,3	8,6	6,6	21,5	8,7	5,6	21,2	8,9	5,6
02/03-juin-05	//	//	//	//	//	//	//	//	//
04-juin-05	26	8,8	6,6	26,4	8,9	6,7	28	8,8	6,5
05-juin-05	25,6	8,9	6,7	26	9,1	6,3	27,4	9,1	6,9
06-juin-05	24,7	7,8	6,9	24,4	7,6	6,8	28	9,2	7,1
07-juin-05	25,2	8,1	7,1	25,6	8,2	6,9	28,9	9,1	7,6
08-juin-05	26,5	8,5	7,2	27,6	8,5	7,3	29,3	9,1	7,9
09/10-juin-05	//	//	//	//	//	//	//	//	//
11-juin-05	27,3	9	7,3	28,1	9	7,7	31,8	9,2	8,7
12-juin-05	29,1	9,1	7,8	29,7	9,1	7,5	29,8	9,3	6,9
13-juin-05	29,4	9,2	8	30,3	9,3	7,2	30,4	9,2	7,6
14-juin-05	28	8,8	7,6	29	8,9	7,5	29,8	9,1	7,1
15-juin-05	27,6	8,5	7,1	28,6	8,7	8,1	29,1	9	6,8
16/17-juin-05	//	//	//	//	//	//	//	//	//
18-juin-05	26,2	7,8	6,9	27,2	8,7	8,9	28,4	9,2	6,3
19-juin-05	25,2	8,7	5,9	26,2	8,7	7,1	28	9	6,3
20-juin-05	29,6	8,9	7	21,6	8,8	7	32	9,1	6,8
21-juin-05	24,5	8,7	7	25,3	8,7	6,7	25,8	8,9	6,6
22-juin-05	30,9	8,9	6,9	33,4	8,9	7,8	33,5	9,1	7,4
23/24-juin-05	//	//	//	//	//	//	//	//	//
25-juin-05	31,2	8,6	6,5	32	8,6	7,5	33	8,8	7,1
26-juin-05	31,8	8,6	6,3	33,2	8,4	7,5	33,5	8,7	6,9
27-juin-05	32,6	8,4	6,1	33	8,1	7,6	34	8,7	6,7
28-juin-05	27,1	8,3	5,6	27,5	8,6	5,8	28,4	8,4	6,8
29-juin-05	28,1	7,8	7	27,5	8,1	5,8	28,1	7,7	5
30/01-juin/juil-05	//	//	//	//	//	//	//	//	//
02-juil-05	26,2	8,5	6,6	27,1	9	6,7	29,3	8,7	5,5
03-juil-05	26,1	8,6	7,1	26,6	9	6,6	27,3	8,9	7,2
04-juil-05	28,1	8,8	7,3	29,9	9	7,2	30,3	9	7,1
05-juil-05	28	8,8	7,2	29,5	9,1	7	30	8,9	7,1
06-juil-05	28,4	8,9	7	29,8	9,1	6,5	30,1	8,9	6,8
07/08-juil-05	//	//	//	//	//	//	//	//	//
09-juil-05	29,2	8,5	6,1	30,2	8,6	6,1	31	8,5	6,4
10-juil-05	29,3	8,7	6,8	30,5	8,5	6,6	31,2	8,3	6,7
11-juil-05	29	8,6	6,3	30	8,6	5,9	29,8	8,1	6
12-juil-05	28,5	8,6	5,8	29,2	8,4	5,6	29	8,2	5,9
13-juil-05	29,1	8,9	6,2	31	8,4	6	29,9	8,3	6,3
14/15-juil-05	//	//	//	//	//	//	//	//	//
16-juil-05	30,1	8,6	5,4	31,9	7,8	5,5	31	7,6	5,9
17-juil-05	29,8	8,5	5,6	29,9	8,4	5,7	29,5	7,9	6
18-juil-05	30,6	7,9	5,4	30,4	8,5	5,9	30,2	8,2	6,2
19-juil-05	31,2	7,8	5,6	31	8,6	5,6	31	7,9	6,1
20-juil-05	32	8,3	6,4	31,5	8,7	6,4	32,5	8,3	5,5
21/22-juil-05	//	//	//	//	//	//	//	//	//
23-juil-05	32,5	7,5	5,2	31,8	8,4	6,5	33,6	8,3	6,4
24-juil-05	32,6	7,8	5,1	32	8,4	6,9	33,8	8,4	6,7
25-juil-05	33	7,6	5,3	32,6	8,5	6,7	34	8,5	5,9
26-juil-05	33,4	7,9	4,2	33	8,7	5,8	34,2	8,2	5,4
27-juil-05	33,5	8	4,6	33,2	8,3	6	34,5	8,3	6
28/29-juil-05	//	//	//	//	//	//	//	//	//
30-juil-05	33,5	8,6	4,8	33,8	8,5	4,5	34	8,1	5,4
31-juil-05	32,8	8,4	5,2	33	8,7	5	33,5	8,5	4,7
01-aout-05	32,5	8,3	5,4	33,2	8,6	5,6	33,3	8,4	4,8
02-aout-05	31,9	8,6	5,4	32,6	8,8	5,4	32,8	8,6	5,4
03-aout-05	33	8,7	5,5	33,3	8,9	5,7	33,8	8,9	5,5
04/05-aout-05	//	//	//	//	//	//	//	//	//
06-aout-05	34,4	8,3	5,4	33,9	8,4	5,4	34,6	8,5	5,2
07-aout-05	34	7,9	5,5	33,7	8,2	5	34,5	8,1	5,5

ANNEXE 05: Paramètres biométriques (poids moyen, tailles moyens et mortalité) des larves ainsi que leurs rations alimentaires (R.A.).

Tableau I : Poids moyens des larves de Tilapia en fonction de leur âge

Âge des larves	Poids moyen des individus (g)		
	Lot 1	Lot 2	Lot 3
1 j	0,01	0,01	0,01
10 j	0,017 ± 0,004	0,017 ± 0,004	0,017 ± 0,004
17 j	0,024 ± 0,009	0,019 ± 0,007	0,020 ± 0,003
23 j	0,026 ± 0,010	0,022 ± 0,006	0,023 ± 0,008
31 j	0,046 ± 0,031	0,029 ± 0,011	0,029 ± 0,006
39 j	0,055 ± 0,028	0,033 ± 0,023	0,058 ± 0,025
47 j	0,077 ± 0,035	0,065 ± 0,040	0,073 ± 0,027
56 j	0,228 ± 0,273	0,11 ± 0,024	0,229 ± 0,073
66 j	0,558 ± 0,246	0,649 ± 0,215	0,572 ± 0,169
75 j	1,502 ± 0,246	1,646 ± 0,621	1,686 ± 0,432
84 j	2 ± 0,596	2,4 ± 0,738	3,1 ± 1,077
94 j	3,9 ± 0,631	4,9 ± 1,410	5,9 ± 1,269
103 j	5,9 ± 0,694	7,1 ± 1,583	8,4 ± 1,888
115 j	9,2 ± 2,409	13,4 ± 2,975	16,4 ± 6,034

Tableau II : Taille moyenne des larves de Tilapia en fonction de leur âge

Âge des larves	Taille moyenne des individus (cm)		
	Lot 1	Lot 2	Lot 3
1 j	0,8	0,8	0,8
10 j	1,15 ± 0,127	1,15 ± 0,127	1,15 ± 0,127
17 j	1,3 ± 0,202	1,22 ± 0,193	1,27 ± 0,149
23 j	1,36 ± 0,184	1,29 ± 0,137	1,43 ± 0,200
31 j	1,55 ± 0,207	1,4 ± 0,163	1,58 ± 0,148
39 j	1,67 ± 0,279	1,61 ± 0,256	1,76 ± 0,212
47 j	1,85 ± 0,255	1,73 ± 0,250	1,91 ± 0,238
56 j	2,46 ± 0,474	2,3 ± 0,133	2,57 ± 0,216
66 j	2,75 ± 0,558	2,80 ± 0,627	3,09 ± 0,409
75 j	4,6 ± 0,478	4,69 ± 0,536	4,76 ± 0,435
84 j	4,93 ± 0,495	5,26 ± 0,587	5,71 ± 0,709
94 j	6,2 ± 0,787	6,5 ± 1,138	7,2 ± 0,362
103 j	7,5 ± 0,478	7,82 ± 0,632	8,27 ± 0,667
115 j	8,61 ± 0,812	9,4 ± 0,738	9,9 ± 1,157

Tableau III : Taux de mortalité des larves de Tilapia

Âge des larves	Taux de mortalité cumulé des alevins en %		
	Lot 1	Lot 2	Lot 3
1 j	0	0	0
10 j	2	4	3
17 j	6	8	5
23 j	15	31	22
31 j	23	50	38
39 j	24	53	46
47 j	25	59	51
56 j	27	63	58
66 j	29	66	65
75 j	31	70	69
84 j	32	72	73
94 j	33	72	74
103 j	34	73	75
115 j	34	73	75

GLOSSAIRE

17 α -éthynyltestostérone : hormone servant à féminiser un lot d'alevins.

17 α -méthyltestostérone : hormone servant à masculiniser un lot d'alevins.

Alevinage : première phase dans un élevage (celui des alevins).

Alevin : poisson morphologiquement différent de l'adulte, nom donné au jeune poisson depuis la larve jusqu'à un poids de quelques grammes.

Androgène : hormone stéroïde sécrétée par le testicule et par la glande surrénale, impliquée dans le développement des caractères sexuels masculins, également présente en faible quantité chez la femme.

Arène de reproduction : espace de reproduction où se trouve le nid creusé par le mâle chez le Tilapia.

Biomasse : ensemble de la matière organique animale ou végétale (présente dans un espace déterminé).

Biotine : vitamine H ou B8, synthétisée par une bactérie intestinale. Elle intervient dans le métabolisme des acides gras, du glucose et de certains acides aminés, en favorisant leur dégradation (catabolisme).

Branchiospines : protubérances, ornant les arcs branchiaux des poissons qui constituent un véritable filtre servant à retenir le plancton.

Cannibalisme : fait de dévorer ses congénères.

Cavité buccopharyngienne : espace creux dans la partie inférieure de la bouche.

Cténoïdes (écaille) : écaille ronde pourvue d'aspérité en dents de scie dans sa partie postérieure.

Cycloïdes (écailles) : écaille circulaire dont les bords sont lisses, non dentelés.

Dimorphisme sexuel : aspect différent du mâle et de la femelle (d'une espèce).

Diploïde : en génétique : organisme doté de chromosomes en deux exemplaires et associés par paires (2n chromosomes).

Échantillon : fragment ou petite quantité d'une population ou d'un ensemble permettant de se faire une idée de la qualité (d'un produit).

Élevage monosexue : élevage portant sur des animaux d'un seul sexe, mâle ou femelle, préalablement triés.

Euryèce : se dit des espèces ayant une grande amplitude écologique.

Euryhalinité : capacité de résister à des changements importants de salinité.

Euryphage : se dit d'une espèce ayant une grande amplitude alimentaire.

Eurytope : espèces vivant dans des biotopes très différents.

Flanc : région anatomique latérale de l'abdomen (de certains animaux).

Garde biparentale (en couple) : se dit lorsque la garde de la progéniture est pratiquée par les deux parents.

Garde uniparentale : se dit lorsque un seul parent garde la progéniture.

Géniteurs : mâles et femelles destinés à la reproduction.

Génotype : nom donné à la totalité du stock chromosomique caractéristique de l'organisme.

Gonade : organe qui produit des gamètes. La gonade mâle est le testicule, la gonade femelle est l'ovaire.

Hybridation : désigne le croisement entre deux variétés, entre deux races ou entre deux espèces différentes.

Ichtyomètre : (Ichtyos : poisson en grec) instrument de mesure de la taille du poisson.

Incubation buccale : maintenir les œufs au chaud et à l'abri dans la bouche.

Inversion hormonale : inversion du sexe d'un organisme à l'aide d'une hormone ou d'un paramètre physico-chimique.

Ration alimentaire : correspond à la quantité d'aliments absorbés par un organisme pendant un temps donné. Elle peut être exprimée en kilocalories (kcal) ou en kilojoules (kJ).

Larve : nom donné au jeune poisson depuis l'éclosion jusqu'à sa métamorphose (formation des nageoires). la larve est le premier stade du cycle de l'animal.

Macrophytophage : qui se nourrit de végétaux macroscopiques.

Macule : tache plane sur la peau.

Mâles transsexuels : femelles à génotype mâle.

Masculiniser : provoquer l'apparition de caractères sexuels masculins chez une femelle.

Maturité sexuelle : appelée puberté chez l'espèce humaine, correspond à un âge où la taille et le poids de l'animal lui permettent de se reproduire.

Métazoaires : organismes animaux formés de plusieurs cellules, par opposition aux protozoaires, qui sont formés d'une seule cellule.

Nanisme : phénomène de croissance réduite, empêchant les poissons d'atteindre une taille adulte normale.

Œstradiol : hormone femelle la plus active sécrétée par l'ovaire et impliquée dans le développement des caractères sexuels féminins.

Omnivore : être vivant qui se nourrit aussi bien d'aliments d'origine végétale que ceux d'origine animale.

Ovocyte : cellule reproductrice femelle animale en cours de maturation. Les ovocytes sont stockés dans les ovaires.

Papille : petite protubérance vascularisée située à la surface d'une muqueuse, du derme ou d'un organe et qui contient une terminaison nerveuse.

Phénotype : ensemble de caractères apparents d'un individu résultant de l'interaction des conditions du milieu et des facteurs génétiques.

Phytoplanctonophage : se nourrissant de phytoplancton.

Planctonophage : se nourrissant de plancton végétal (phyto-) et animal (zoo-).

Salabre : grande épuisette servant à capture les gros spécimens de poissons ou un grand nombre de poissons.

Sexage : déterminer les sexes mâle et femelle par simple observation de la papille génitale.

Sex-ratio : rapport entre le nombre de mâles et le nombre de femelles d'un lot d'animaux.

Squash gonadique : technique permettant de sexer les poissons par prélèvement des gonades et leur observation sous microscope photonique.

Stéroïde : ce groupe comprend certains alcools (stérols), des acides biliaires, diverses hormones sexuelles (progestérone, testostérone, œstrogène, ...) , et des substances naturelles.

Stress : ensemble de réactions non spécifiques de l'organisme déclenchées par l'action d'un agent nocif dit « agent stressant » qui peut être physique, chimique ou émotionnel et qui s'exerce sur l'organisme et provoque une agression ou une tension pouvant devenir pathologique.

Substrat : ce sur quoi s'exerce une action. Par extension : sol, fond, supports naturels ou artificiels.

Surpeuplement : excès de population par rapport aux ressources disponibles.

Taxonomie : Branche de la biologie spécialisée dans la classification des espèces et leurs nomenclatures.

Testostérone : hormone sexuelle sécrétée par le testicule.

Tétraploïdes : en génétique, qui possède quatre lots de chromosomes au lieu de deux (4n chromosomes).

Thermophile : vivant à des températures élevées.

Triploïdes : en génétique, qui possède trois lots de chromosomes au lieu de deux (3n chromosomes).

Vertébrés : animal possédant une colonne vertébrale.

Vitellogénèse : synthèse du vitellus qui est une substance de réserve nutritive nécessaire au développement de l'embryon.