

# SOMMAIRE

<b>Introduction .....</b>	<b>1</b>
<b>I. Synthèse bibliographique .....</b>	<b>8</b>
<b>II. Matériel et méthodes .....</b>	<b>14</b>
<b>2.1. Matériel biologique.....</b>	<b>14</b>
2.1.1. Position systématique .....	14
2.1.2. Répartition géographique.....	14
<b>2.2. Protocole expérimental .....</b>	<b>16</b>
<b>2.3. Calcul des indices et expression des résultats .....</b>	<b>18</b>
2.4. Détermination du sexe phénotypique .....	18
2.5. Analyse statistique des données .....	18
<b>III. Résultats et discussions .....</b>	<b>20</b>
<b>3.1. Résultats.....</b>	<b>20</b>
3. 1.1. Effet du régime thermique sur la croissance et la survie .....	20
3.1.2. Influence de la température sur le sexe phénotypique d' <i>O. niloticus</i> 24	
<b>3.2. Discussions .....</b>	<b>26</b>
3.2.1. Effet du régime thermique sur la survie .....	26
3.2.2. Effet de la température sur la croissance, optimum thermique de croissance .....	26
3.2.3. Variabilité de l'effet de la température en fonction du sexe et sur le sexe phénotypique.....	28
<b>IV. Conclusion et perspectives .....</b>	<b>29</b>
<b>VI. Références bibliographiques.....</b>	<b>30</b>



## Introduction

La contribution de l'aquaculture aux débarquements continue d'augmenter, passant de 5,3% en 1970 à 32,2% du volume en 2000. De plus, l'aquaculture continue de dominer l'ensemble des secteurs de productions animales en terme de croissance, ce secteur ayant une moyenne annuelle de croissance de 8,9% par an depuis 1970, à comparer à 1,4% pour la pêche et 2,8% pour la filière viande pour la même période.

Le développement du secteur de l'aquaculture a commencé à se concrétiser avec la baisse des ressources marines et dulçaquicoles à cause de la surexploitation par la pêche, ce qui a pour conséquence la baisse de la production et l'augmentation des prix.

Le développement durable de l'aquaculture nécessite, dès lors, la maîtrise de la production de larves et de juvéniles devant être utilisés pour les repeuplements (*sea-ranching*) ou dans des filières de production pour la consommation.

Dans le cas particulier du Sénégal, la pêche (maritime et continentale) constitue le premier secteur pourvoyeur de devises (2,4 % du PIB et pour 11% de celui du secteur primaire ; 15% de la population active sénégalaise - environ 220 000 emplois- et qu'elle induirait entre 400 000 et 600 000 emplois indirects) et revêt donc un caractère stratégique tant au plan de sécurisation et l'approvisionnement en protéines animales qu'au niveau économique. Les effets de la sécheresse des années 70, les perturbations liées à la mise en place des barrages de Diama et de Manantali, la forte pression de pêche, et le développement de l'agriculture intensive ont eu pour conséquence une diminution sensible de la production halieutique.

Le développement de l'aquaculture doit nécessairement passer par des études sur les performances de croissance des espèces cultivables. Dans cette optique de recherche d'optimisation de la production aquacole, de nombreuses études ont montré que la croissance des poissons dépend intimement dans tous ses aspects, des facteurs environnementaux, à savoir : l'alimentation : (disponibilité, type, composition, mode et fréquence de distribution), la densité de population, l'intensité lumineuse (Hecht & Pienaar, 1993 ; Baras & Jobling, 2002) entre autres. Les facteurs suscités ont été caractérisés pour l'élevage larvaire et les stades juvéniles chez la plupart des poissons dont l'élevage est maîtrisé (Laurence, 1978 ; Brett, 1979). L'influence de la température est nettement moins connue, surtout pour *O. niloticus* du fleuve Sénégal (aucune étude de ce genre), alors qu'il s'agit du

facteur environnemental qui influence le plus la prise de nourriture, l'efficacité de la transformation énergétique, sur la croissance, sur le sexe et logiquement sur les survies (Jobling, 1994, 1997 ; Kestemont et Baras, 2001) sont nettement non connus.

La température affecte toutes les activités biochimiques et physiologiques des poissons et donc leur croissance (McMullen et Middaugh, 1985 ; Zhang et Rhunham, 1992 ; Nicieza et Metcalfe, 1997).

Elle est également un facteur directeur de leur démographie, de leur écologie et de leur comportement (Angilletta et al, 2002 ; Das et al, 2004). La connaissance des réponses d'une espèce à la température de l'eau est donc cruciale, tant au plan de l'étude de l'évolution et de l'adaptation, qu'au plan de l'aquaculture, puisque la température conditionne la survie, la croissance, l'ingestion (Kestemont & Baras, 2001) et la conversion de l'aliment qui sont des paramètres déterminants pour la viabilité de l'aquaculture.

Le rôle déterminant de la température est maintenant admis. Il reste que les connaissances sur la biologie thermique des poissons sont très faibles et restent limitées généralement à la détermination des températures létales et incipientes supérieures et inférieures, lesquelles ne constituent après tout qu'une réponse relativement "statique" et surtout extrême. Les réponses dynamiques, en terme de comportement ou de croissance, ont été nettement moins décrites, alors qu'elles sont proportionnellement plus déterminantes, puisque d'application plus fréquente. Pour chaque espèce, il existe une température optimale de croissance ( $T^{\circ}\text{opt}$ ), pour autant que les autres conditions environnementales soient non limitantes (*ex* : oxygène, disponibilité et qualité de l'aliment). Les relations entre température et croissance ont été décrites pour une série d'espèces, essentiellement pour celles élevées en aquaculture.

Ces connaissances sont toutefois restreintes à une partie limitée de l'ontogenèse, généralement chez les juvéniles et adultes (Zhang et Rhunham, 1992). Il en est souvent de même pour les réponses statiques et pour les autres indicateurs de l'effet de la température sur le métabolisme. Or, les réponses des organismes à la température sont fortement susceptibles de varier lors du développement, essentiellement en raison de la croissance allométrique des surfaces d'échange et du volume corporel. Ces caractéristiques varient encore davantage lors des

premiers stades de vie, surtout chez des espèces possédant un stade larvaire, puisque l'halométrie de croissance évoqué plus haut n'y est pas linéaire. La connaissance de ces réponses est cruciale puisque les stades précoces du développement sont extrêmement sensibles à la prédatation. De plus, la croissance est souvent une condition déterminante pour la survie, laquelle conditionne intimement la dynamique des populations.

L'objectif de cette étude est donc de caractériser l'effet de la température sur les performances de croissance d'*Oreochromis niloticus* afin d'optimiser les conditions d'élevage en programmant la production en fonction de la variation de la température au cours de l'année. En effet, la caractérisation de la croissance en fonction de la température constituera un pré requis pour mieux aborder la problématique de l'alimentation de cette espèce du fleuve Sénégal bien appréciée.

## I. Synthèse bibliographique

Rappelons que l'espèce utilisée dans notre étude est *Oreochromis niloticus* et il a pour synonyme *Tilapia nilotica* et *Sarotherodon nilotica*.

### a) Morphologie :

*Oreochromis niloticus*, comme toutes les espèces de la famille des Cichlidae, présente un certain nombre de caractères morphologiques standard :

- Une tête portant une seule narine de chaque côté
- Un os operculeux non épineux
- Un corps comprimé latéralement, couvert essentiellement d'écailles cycloïdes et parfois d'écailles cténoïdes.
- Une longue nageoire dorsale à partie antérieure épineuse ;
- Une nageoire anale avec au moins les trois rayons épineux (FAO, 1999).

En plus l'espèce d'*O. niloticus* a des traits distinctifs qui lui sont propres. La nageoire caudale est pourvue de rayures alternées blanches et noires...

La taille maximale observée est 395mm (longueur standard), (Teugels et al, 1992)



Photo 1. *Oreochromis niloticus* (Linné, 1758).

**b) Fécondation et reproduction :**

*O. niloticus* ainsi que les autres espèces de tilapias, a un taux de reproduction élevé. La fécondation peut varier de quelques centaines d'œufs à plusieurs milliers par ponte et la fréquence de ponte fluctue entre trois (3) et sept (7) fois par an (Mires, 1982).

En outre lorsque les conditions deviennent défavorables (par exemple : étang de pisciculture, zones nouvellement inondées), les tilapias sont susceptibles de se reproduire précocement (Fryer et Iles, 1972). Selon Melard (1986), la fécondité absolue minimale est de 340 ovules pour la femelle de 28 g, et la fécondité maximale est de 3500 ovules pour un poisson de 550 g.

Par ailleurs, le genre *Oreochromis* est caractérisé par une incubation buccale maternelle de la progéniture. Dans le milieu naturel, le mâle construit un nid dans des zones peu profondes (1m) et établit un territoire qu'il défendra en exprimant un comportement agressif vis-à-vis des intrus (Fisherton, 1967 ; Trewavas, 1983).

Suite à la parade nuptiale, la femelle dépose ses œufs dans le nid du mâle, ce dernier les féconde puis la femelle les reprend en bouche pour l'incubation.

La femelle quitte ensuite le nid pour rejoindre des zones plus profondes et le mâle peut se reproduire avec une autre femelle (Trewavas, 1983).

L'éclosion a lieu dans la bouche de la femelle quatre (4) à cinq (5) jours après fécondation à une température comprise entre 27 et 28°C.

A l'âge de 11 à 12 jours, la vésicule vitelline est complètement résorbée. Dès lors, les alevins sont capables de prendre de la nourriture exogène et de s'affranchir progressivement de la protection maternelle.

**c) Régime alimentaire d' *O. niloticus***

Etant donné que ses arcs branchiaux disposent de branchiospines, 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, euglénophycées, etc., ce qui ne l'empêche pas également d'absorber du zooplancton et même de sédiment riches en bactéries et diatomées.

Mais en milieu artificiel, cette espèce est pratiquement omnivore (euryphage) valorisant divers déchets agricoles (tourteaux, drêches de brasserie, etc.), tirant partie des excréments de porcs ou de volaille, de déchets ménagers, et acceptant facilement des aliments composés sous forme de granulés, etc. Cette capacité

d'acceptation à divers aliments et déchets est phénoménale et est à la base de sa haute potentialité pour la pisciculture (FAO, 1989).

#### **d) La croissance :**

*O. niloticus* présente une extrême plasticité de croissance en fonction des conditions environnementales. Par exemple à l'âge de sept (7) mois, Melard (1986) nous décrit différents poids corporels en fonction des milieux :

- 650g en étang riche en nourriture naturelle (pas de compétition).
- 300g pour des poissons élevés en bassins à forte densité et recevant une alimentation artificielle abondante (cette valeur correspond à la croissance moyenne obtenue lors des diverses expériences réalisées en bassins).
- 18g en milieu naturel (lac Tchad, Low Macconnell, 1982) où la nourriture est abondante et la compétition plus intense.

Cependant de manière générale, *O. niloticus* présente un indice de croissance plus performant que les autres espèces de tilapias (Pauly et al, 1988). Sa durée de vie est extrêmement variable selon le milieu.

#### **e) Dimorphisme sexuel**

Chez *O. niloticus* le dimorphisme sexuel apparaît principalement au niveau de la papille génitale : chez les mâles, celle-ci est allongée alors que chez les femelles, elle est fort courte et présente en son milieu une fente transversale (ovuducte) située entre l'anus et l'orifice urétrale.

Cette caractéristique permet de distinguer aisément les mâles et les femelles lorsqu'ils atteignent un poids de 25 à 30 g et une taille de 10 à 12 cm (Melard, 1986).

Une autre grande caractéristique de cette espèce concerne son dimorphisme sexuel de croissance en faveur des mâles. En effet, ce dimorphisme sexuel de croissance a été observé par de nombreux auteurs dans diverses conditions d'élevage (Micha, 1974 ; Guerrero, 1975 ; Coche, 1976, 1982 ; Ruwet et al, 1976 ; Bondari, 1982). Ce dimorphisme de croissance provient non seulement d'un patron de croissance différent entre mâle et femelle, mais surtout du fait que les femelles incubent leurs œufs, ne s'alimentent pas durant cette période. Ainsi donc dès que les individus placés dans des conditions environnementales identiques, atteignent l'âge de maturité, la vitesse de croissance des femelles ne représente que 60% de celle des mâles (Melard, 1986). Ce phénomène justifie, de ce fait, l'intérêt de réaliser des populations monosexes mâles.

### e) Techniques de masculinisation des individus d'*Oreochromis niloticus*

Chez *O. niloticus*, les mâles présentent un potentiel de croissance plus élevée que celle des femelles (Hanson et al, 1983 ; Melard, 1986).

C'est pour cette raison que l'élevage des populations monosexes mâles de ce tilapia est la méthode la plus utilisée en aquaculture.

Actuellement plusieurs procédés permettent d'obtenir des populations monosexes mâles chez le tilapia. Parmi ceux-ci, on peut citer le sexage manuel, l'hybridation, l'inversion hormonale au moins du méthyl testostérone (Wohlfart et Hulata, 1981 ; Guerrero, 1982 ; Hunter et Donaldson, 1983), l'utilisation de géniteurs à génotype-phénotype opposés (Pandian et Varadaraj, 1980 ; Machintosh et Little, 1995 ; Mair, 1997) et l'inversion par les facteurs environnementaux comme les hautes températures (Baroiller et al, 1996 ; Desperez et Melard, 1998).

**Le sexage manuel** consiste à trier les mâles des femelles par observation de leur papille génitale. Cette technique demande non seulement beaucoup de mains d'oeuvre, du temps, mais présente également une marge d'erreurs de 10% (Chervinsky et Rothbard, 1982 ; Melard et al, 1989).

**L'hybridation interspécifique** (: exemple croisement de femelle *O. niloticus* XX avec un mâle *O. aureus* de mâle ZZ) qui engendre en théorie des sexes ratio de 100% mâles (ZX) sont en pratiques aléatoires (100 à 60 % de mâles Majumdar et Marc Andrew, 1983 ; Hulata et al, 1980 et 1983). Ce qui suggère l'existence d'un déterminisme polygénique du sexe.

**L'inversion hormonale** par des stéroïdes est actuellement la méthode de production de populations monosexes mâles la plus utilisée (Yamazaki, 1984) mais aussi la plus la plus performante et la plus économiquement rentable.

Cependant les effets des hormones sur la santé du consommateur beaucoup moins probable (Goudier et al, 1986) et surtout sur l'environnement ont suscité le développement de procédés alternatifs comme la production de géniteurs à génotype phénotype opposés produisant des descendants monosexes mâles et la manipulation de facteurs environnementaux comme la température.

L'inversion du sexe par une exposition des alevins à de fortes températures (de 26°C à 37°C) a permis l'obtention d'un pourcentage de descendance mâle compris entre 80 et 100%.

Cependant Barras et al (2001) ont montré que ces fortes températures (37°C provoquent un ralentissement de la croissance pendant la phase de traitement qui ne peut être compensée au stade adulte mais également des difficultés de son application à grande échelle avec des risques de mortalités élevés (température presque létale).

#### **f) Importance de ce tilapia en aquaculture**

La production de tilapia occupe aujourd’hui le troisième rang mondial après les carpes (carpe commune, carpe chinoise, et carpe indienne) et le < milkfish> (Lazard et al, 1981).

Bien qu’originaire d’Afrique, la principale zone d’élevage des tilapias est l’Asie. Cette extension de l’aquaculture du tilapia se justifie par :

- ❖ Une grande rusticité,
- ❖ Une grande facilité de se reproduire même en milieu fermé.
- ❖ Une facilité d’adaptation à divers milieux et à l’alimentation artificielle
- ❖ Une grande résistance aux faibles taux d’oxygène, aux manipulations,
- ❖ Une grande résistance aux maladies : très peu de problèmes pathologiques,
- ❖ Une bonne qualité alimentaire et organoleptique, aptitude à la conservation par séchage, salage et fumé (Toguyeni, 1996).
- ❖ Le fait qu’il supporte des densités d’élevage importantes (Melard, 1986).

## **II. Matériel et méthodes**

### **2.1. Matériel biologique**

L'espèce utilisée est *Oreochromis niloticus* de la vallée du fleuve Sénégal élevée à la station piscicole de Richard-Toll.

La présence de rayures verticales blanches et noires sur la nageoire caudale est l'une des principales caractéristiques de cette espèce. Chez *O. niloticus*, le dimorphisme sexuel apparaît principalement au niveau de la papille génitale : chez les mâles, celle-ci est allongée alors que chez les femelles elle est fort courte et présente en son milieu une fente transversale (oviducte) située entre l'anus et l'orifice urétral. Cette caractéristique permet de séparer aisément les mâles des femelles lorsqu'ils atteignent un poids de 25-30 g correspondant à 10 - 12 cm.

#### **2.1.1. Position systématique**

Les tilapia appartiennent à l'ordre des Perciformes, à la famille des Cichlidae et à la sous-famille des Tilapiinae. Cette sous-famille compte plus de 70 espèces appartenant à 10 genres (Trewavas, 1983) dont trois principaux caractérisés par leur comportement parental. Le genre *Oreochromis* regroupe les espèces chez qui la femelle assure l'incubation buccale de la progéniture alors que chez les espèces du genre *Sarotherodon* c'est le mâle et exceptionnellement les deux parents qui se chargent de cette protection. Les espèces du genre *Tilapia* sont caractérisées par une ponte sur substrat associée à une garde parentale.

#### **2.1.2. Répartition géographique**

L'espèce présente une grande distribution géographique couvrant les bassins du Tchad, du Nil, du Niger et du Jourdain. Originaire du haut Nil, elle a d'abord progressé vers le sud colonisant tous les lacs du Graben jusqu'au lac Tanganyika ; par les bassins du Tchad et du Niger. Elle a aussi colonisé le centre et l'ouest de l'Afrique. *O. niloticus* a été ensuite disséminée au cours des dernières décennies à travers les différents continents pour les besoins de la pisciculture essentiellement (Pullin, 1996).

#### **2.1.3. Exigences écologiques**

*O. niloticus* est un poisson thermophile dont la distribution géographique est principalement déterminée par la température et surtout par les basses

températures. Dans son habitat naturel, cette espèce peut rencontrer des températures comprises entre 14 et 33°C, mais dans des conditions de laboratoire, elle tolère des températures extrêmes de 7 ° C à 41°C pendant plusieurs heures (Balarin et Haton, 1979).

*O. niloticus* vit dans les eaux dont la salinité est comprise entre un minimum de 0.015 ‰ et un maximum de 30 ‰ (Philippart et Ruwet 1982) et le pH varie de 8 à 11 (Georges, 1976)

*O.niloticus* survit durant plusieurs heures à des teneurs en oxygène dissous très faibles de l'ordre de grandeur de 0,1 ppm (Magid et Babiker, 1975, Melard et Philippart, 1981 a et b).

Cette extrême tolérance à l'égard des conditions du milieu explique qu'*O. niloticus* a colonisé des habitats très différents (rivière rapide, lentes, lacs profonds, peu profonds, eaux très faiblement ou très fortement minéralisées, etc....) qui correspondent à des conditions physiques (température, turbidité, ...) et chimiques (oxygène, pH, salinité,...) extrêmement variées (espèce eurytopic).

*O. niloticus* est principalement phytoplanctonophage mais peut aussi ingérer des algues bleues du zooplancton ainsi que les sédiments riches en bactéries et en diatomées.

Comme énoncé antérieurement, *O. niloticus* appartient au groupe des tilapias incubateurs buccaux (Ruwet et al, 1976 ; Voss, 1976 ; Philippart et Ruwet, 1982). La reproduction a lieu quand la température dépasse + 22°C. Les mâles se réunissent sur une zone de nidification à faible profondeur et sur un substrat meuble (gravier, sable, argile,...). Chaque mâle porteur d'une coloration caractéristique (Voss, 1980) délimite et défend un territoire et aménage un nid où il tentera d'attirer et de retenir une femelle mûre ; il s'agit d'une organisation sociale en arène de reproduction. Les femelles qui vivent en bande à proximité de l'aire de reproduction n'effectuent que de brefs séjours sur les arènes. Allant d'un territoire à l'autre, elles sont courtisées par des mâles successifs jusqu'au moment où, s'arrêtant au-dessus de la cuvette d'un nid, elles forment chacune un couple éphémère. Après une parade de synchronisation sexuelle, la femelle dépose un lot d'ovules, le mâle les féconde immédiatement, puis la femelle les reprend en bouche pour les incuber. Cette opération très brève peut être recommandée, soit avec le même mâle, soit avec un autre mâle dans un territoire voisin (polygynie et polyandrie successives ; Ruwet, 1963). Finalement, la femelle s'éloigne de l'arène où les mâles demeurent cantonnés et emporte en bouche les œufs, fécondés qu'elle va incuber dans des zones abri.

## 2.2. Protocole expérimental

Les larves utilisées pour cette expérience proviennent des œufs récoltés de la cavité buccale d'une femelle d'*Oreochromis niloticus* pêchée dans un étang de reproduction de la station piscicole de Richard Toll. (Figure 1 A).

Les œufs récoltés ont été incubés dans des bouteilles de Zoug (27 °C, 12 L : 12 N) en circuit fermé de 500 L (Figure 1 B). L'éclosion a lieu 32 heures après, avec un succès estimé à 98 %. Les embryons ont été ensuite stockés en aquarium de 50 litres en circuit fermé (26°C, 12L : 12N) pendant 24 heures et ce, afin d'attendre la fin de la dynamique de mortalité post -éclosion, dans l'optique de ne pas introduire dans les lots expérimentaux des poissons susceptibles de décéder au cours des heures suivant la mise en charge. Le second objectif de cette attente est de s'assurer que les poissons sont capables de s'alimenter sur une alimentation exogène dès le début de l'expérience.

L'expérience est réalisée dans un circuit fermé comprenant 6 aquariums disposés en deux rangées, d'un bac de pompage d'une capacité de 500 litres et d'un système de filtre composé de 4 éléments. Chaque aquarium a une contenance de 50 litres (25 cm x 50 cm x 40 cm). L'eau est pompée du bac dans les aquariums à l'aide d'une pompe immergée placée dans le bac de pompage. Un ensemble de diffuseurs d'air connectés à une turbine, permet d'assurer l'oxygénation et le dégazage de l'eau dans le bac de pompage.



**A**



**B**

Figure1. Reproduction et obtention des larves : **A** = récolte d'œufs de la cavité buccale d'une femelle ; **B** = incubation des œufs récoltés dans des bouteilles de Zoug en circuit fermé (27 °C)

24 heures après acclimatation des poissons, nous avons préparé 6 lots expérimentaux de 55 individus ( $P_m = 10 \text{ mg}$ ) répartis en 6 aquariums de 50 litres

en circuit fermé. Chaque aquarium était équipé d'une crêpine et d'un bulleur permettant de maintenir la concentration en oxygène à saturation.

Trois régimes thermiques ont été testés : 26°C, 28°C, et 32°C (en répliquats). Les régimes thermiques 28°C et 32°C étaient maintenus constants par couplage d'une résistance chauffante de 300 W à un thermostat Biotherm 2000. Quant au régime thermique 26°C, il a été obtenu par climatisation de la salle d'aquariums.

### **Alimentation et suivi expérimental**

Les poissons étaient nourris *ad libitum* (condition préalable au calcul de la température optimale de croissance) toutes les 90 minutes, exclusivement aux heures de lumière avec un aliment de synthèse Nippai SeaBream (55 % protéines, 4.8 % lipide) de diamètre croissant.

Trois fois par jour, l'aliment en excès est siphonné dans tous les aquariums, et les crêpines nettoyées (nécessaire, compte tenu de l'alimentation en excès). A cette occasion, les poissons décédés sont prélevés et dénombrés.

La concentration en oxygène dissous a été mesurée quotidiennement (oxymètre WTM OXI 191) et la température de l'eau (0.1°C, thermomètre à mercure) trois fois au cours de la journée afin de respecter les conditions expérimentales. La qualité physico-chimique de l'eau (ammoniaque et nitrite) était contrôlée tous les deux jours au moyen d'un spectrophotomètre Hach DR -2040 également dans l'optique de s'assurer que la physico-chimie de l'eau ne risque pas d'influencer les performances de croissance des larves. A cet effet également, le bac de décantation faisant office de filtre biologique était purgé quotidiennement. Le traitement préventif du circuit fermé au formol (25 ppm) réalisé trois fois par semaine nous a préparés d'épidémies de nature parasitaire (essentiellement *Trichodina spp*)

### **Contrôles hebdomadaires**

Les poissons ont subi des contrôles réguliers tous les 7 jours, afin d'effectuer des pesés. Pour ce faire, un échantillon de 30 poissons est prélevé dans chaque aquarium. Sur chacun des échantillons, le poids individuel des poissons a été relevé au moyen d'une balance OHAUS précision 0,01g. Aussi, les poissons survivants étaient dénombrés afin d'évaluer la survie et pesés globalement (précision 10 mg) pour le calcul du poids moyen.

Il est aussi important de noter que lors des contrôles, les alevins étaient nourris une heure après manipulation.

### **2.3. Calcul des indices et expression des résultats**

#### **La croissance :**

La croissance des poissons est exprimée en terme de :

- taux spécifique de croissance SGR ( $\% \text{j}^{-1}$ ), telle que  $\text{SGR} = 100 [\ln(P_2) - \ln(P_1)] [t_2 - t_1]^{-1}$ , avec  $P_1$  et  $P_2$  sont les poids des poissons aux temps  $t_1$  et  $t_2$  respectivement.
- Croissance journalière G ( $\text{g.j}^{-1}$ ), telle que :  $(P_2 - P_1) [t_2 - t_1]^{-1}$

**Le taux de mortalité** est calculé tel que :  $M = 100 (N_i - N_f) \cdot N^{-1}$ , où  $N_i$  est le nombre de poissons survivants au temps  $t_1$  et où  $N_f$  est le nombre de poissons restant au temps  $t_2$ .

### **2.4. Détermination du sexe phénotypique**

Le sexage a été réalisé par la méthode acéto-carmin squash (Guerrero & Shelton, 1974) sur des poissons au préalable sacrifiés par immersion dans une solution saturée en 2-phénoxy-éthanol. Chaque poisson était disséqué, ses gonades prélevées sous loupe binoculaire, placé entre lame et lamelle, colorés à l'acéto-carmin et examiné au microscope optique (grossissement : 100 x).

Les individus dont les gonades contiennent exclusivement des ovocytes sont classés comme femelles (F) et ceux dont les gonades contiennent exclusivement des tissus lobulaires comme mâles (M). Les individus présentant des gonades contenant les deux types de tissus étaient classés comme intersexués (I). Trois catégories d'intersexués ont été distinguées, suivant que le tissu mâle soit prédominant (IM), que le tissu femelle soit prédominant (IF) ou que les deux tissus soient présents en proportions apparemment équivalentes (IFM). A l'occasion du sexage, les poissons étaient systématiquement pesés (0,01) et mesurés (longueur totale, mm).

### **2.5. Analyse statistique des données**

- Les poids moyens ( $P_m$ ) aux différentes températures seront comparés par l'analyse de variance et les tests F de Scheffe

- Les coefficients de variation (CV) des poids seront comparés par le test d'égalité des variances;
- Les taux de mortalité (survie), de même les sexes ratio seront comparés deux à deux par les tests exacts de Fisher (sur les effectifs).

Les hypothèses nulles sont rejetées au seuil  $p < 0,05$

## **2.6. Calcul de l'optimum thermique de croissance.**

Le calcul de l'optimum thermique de croissance ( $T^{\circ}\text{opt}$ ) chez les poissons se fait par la comparaison entre poissons de poids corporels initiaux strictement identiques, à partir desquels sont réalisés des modèles polynomiaux liant croissance et température de l'eau. Dans notre expérience, cette condition n'était remplie que pendant la première semaine. Baras et al (2001) ont proposé un protocole permettant de recalculer  $T^{\circ}\text{opt}$  dans un contexte expérimental similaire au nôtre. La démarche consiste à produire un modèle général de croissance en fonction des variables, poids corporel et température, à partir duquel  $T^{\circ}\text{opt}$  est déduite pour des poissons de poids différents. A terme, la comparaison des  $T^{\circ}\text{opt}$  modélisées avec le poids corporel permet de décrire la variation ontogénétique de  $T^{\circ}\text{opt}$  sur la gamme de tailles considérée. Le modèle proposé est de nature bilogarithmique et multiple et, est obtenu par l'analyse de régression pas à pas :  $\text{Log}(1+\text{SGR})\text{vs Log}(P)$ ,  $\text{Log}(P)$ ,  $\text{log}(T^{\circ})$ ,  $\text{Log}(T^{\circ})^2$ ,  $\text{Log}(P) \times \text{Log}(T^{\circ})$  et  $\text{Log}(P) \times [\text{Log}(T^{\circ})]^2$  où  $P$  est le poids (mg) au début de chaque semaine d'élevage et  $T^{\circ}$  est la moyenne hebdomadaire de la température de l'eau.

### **III. Résultats et discussions**

#### **3.1. Résultats**

Dans l'ensemble les conditions expérimentales (température et qualité de l'eau) ont été respectées sauf que l'oxygénation a connu quelques perturbations dues aux délestages. Faute de quoi, on n'a pas pu maintenir l'oxygène à saturation pendant toute la durée de la première semaine des expérimentations, et à des valeurs satisfaisantes (toujours supérieures à  $6 \text{ mgL}^{-1}$ ). Au cours de la première semaine, une forte mortalité a été observée au sein de tous les lots. Afin de réduire au maximum la pollution du milieu d'élevage, nous avons procédé à un siphonage régulier des aquariums une heure après chaque nourrissage.

##### **3. 1.1. Effet du régime thermique sur la croissance et la survie**

###### **3.1.1.1. Croissance et hétérogénéité des tailles**

Le tableau 3.1 comporte la variation du poids moyen individuel ( $Pm \pm SD ; \text{ g}$ ) et du coefficient de variation (CV, %) du Pm de *O. niloticus* à 7 ; 14 et 21 jours post-éclosion, en fonction du régime thermique.

Au terme des trois semaines d'élevage, les poids moyens des poissons étaient comparables entre ( $p > 0.05$ ) réplicats mais différents significativement entre traitement (ANOVA,  $F = ; p < 0,001$ ) .La croissance elle aussi était proportionnelle à la température d'élevage (figure 3.1).C'est ainsi que la croissance la plus forte était observée au sein des lots à  $32^\circ\text{C}$  ( $Pm = 520 \text{ mg}$ ) et la plus faible à  $26^\circ\text{C}$  ( $Pm = 240$ ).

Le tableau 3.2 donne, pour chaque semaine d'élevage, les vitesses de croissance spécifique (SGR en %) et pondérale (G en g/ j) qui seront utilisées pour la modélisation de la croissance.

Comme indiqué dans le tableau 3.2, l'hétérogénéité de taille est, en fin de la première semaine d'élevage, proportionnelle à la température d'élevage (CV de 26,7 à  $26^\circ\text{C}$  et de 30.05 à  $32^\circ\text{C}$ ). Cette tendance était maintenue en deuxième semaine pour enfin être comparable, en fin de la troisième semaine, en raison d'une hétérogénéité de croissance élevée dans les lots soumis à  $26^\circ\text{C}$  (CV de 66.5% à  $26^\circ\text{C}$  contre CV de 65.2 % à  $32^\circ\text{C}$ ).

Tableau 3.1. Variation du poids moyen individuel (Pm  $\pm$  SD ; g) et du coefficient de variation (CV, %) du Pm de *O. niloticus* à 7,14 et 21 jours post-éclosion, en fonction du régime thermique.

Variables	26 ° C	28° C	32°C
Pm j0 (mg) $\pm$ <b>SD</b>	10 <b>0</b>	10 <b>0</b>	10 <b>0</b>
Pm j 7 (mg) $\pm$ <b>SD</b>	41 <sup>a</sup> <b>± 0,012</b>	47 <sup>a</sup> <b>± 0,0135</b>	59 <sup>ab</sup> <b>± 0,016</b>
Pm j14 (mg) $\pm$ <b>SD</b>	126 <sup>a</sup> <b>± 0,049</b>	150 <sup>a</sup> <b>± 0,055</b>	227 <sup>b</sup> <b>± 0,131</b>
Pm j 21(mg) $\pm$ <b>SD</b>	240 <sup>a</sup> <b>± 0,165</b>	330 <sup>b</sup> <b>± 0,2435</b>	520 <sup>c</sup> <b>± 0,3535</b>
CV j7 (%)	26,7	29,35	26,85
CV j14 (%)	36,55	37,35	55,4
CV j21 (%)	67,8	74,25	67,2

Pour une même ligne, deux moyennes présentant au moins une même lettre en commun ne diffèrent pas significativement au seuil de risque à 5% (Test F de Sheffe pour les poids, test F d'égalité de variance 2 à 2 pour les coefficients de variation)

Tableau 3.2. Variation de Croissance pondérale G (mg/j) et de la vitesse spécifique de croissance (SGR en % P j<sup>-1</sup>) en fonction de la température au cours de l'expérience. Les croissances sont calculées sur 7 jours d'élevage.

Traitements	26 °C	28°C	32 °C
<b>J0 – J7</b>			
SGR (%)	21,94	21,96	21,99
G (g j <sup>-1</sup> )	0,0045	0,005	0,007
<b>J7 – J14</b>			
SGR (%)	17,21	16,67	15,98
G (g j <sup>-1</sup> )	0,01	0,015	0,02
<b>J14 – J21</b>			
SGR (%)	11,945	11,455	9,92
G (g j <sup>-1</sup> )	0,02	0,03	0,04

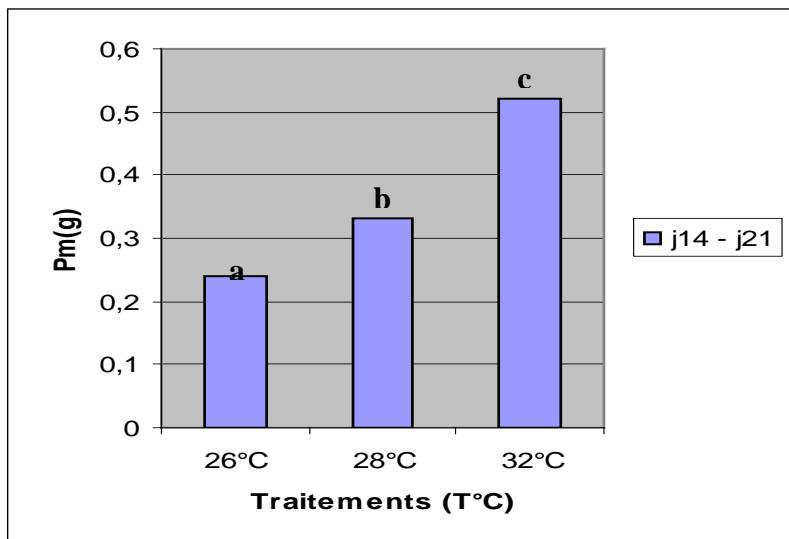
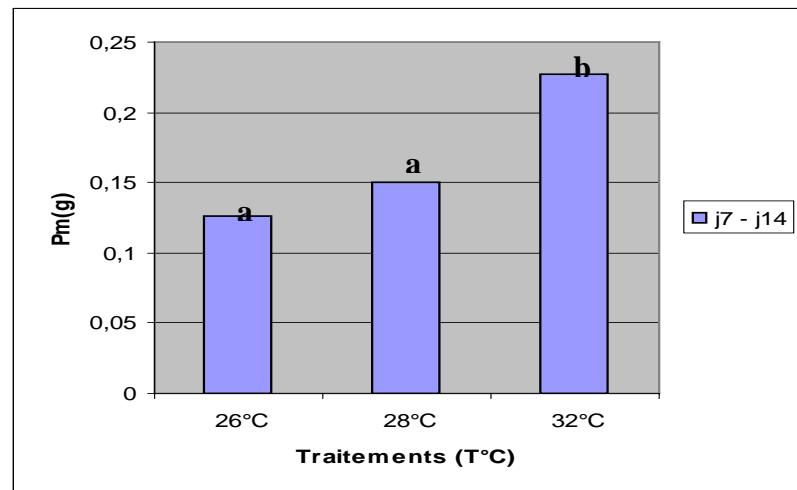
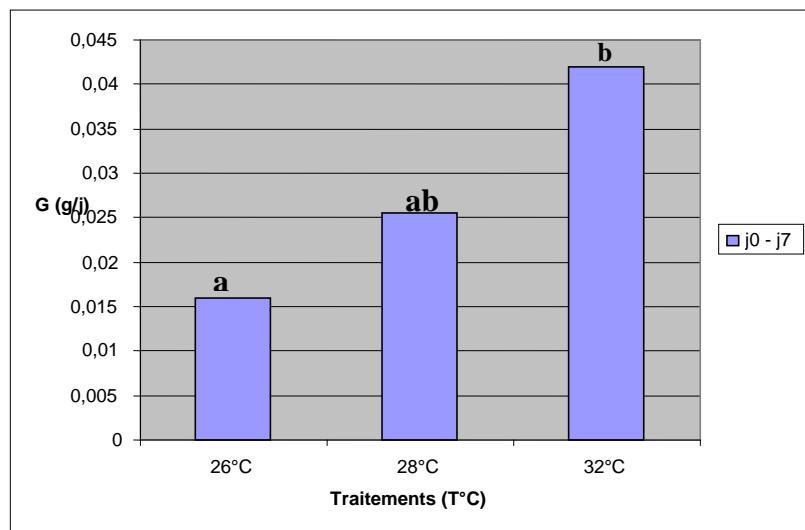


Figure 2. Evolution de la croissance en fonction de la température: moyenne des reliquats

### **3.1.1.2. Mortalité vs Survie**

Les valeurs de survie observées au cours de l'élevage sont reportées dans le tableau 3.3 et montrent parfaitement l'évolution de la survie en fonction de la température d'élevage.

Tableau 3.3. Evolution de la survie des juvéniles d'*O. niloticus* en fonction du régime thermique appliqué de j0 à j21.

Traitements	26 °C	28°C	32 °C
Survie (%) j0 - j7	87,275	90,915	91,005
Survie (%) j7 - j14	94,71	96,04	93,895
Survie (%) j14 - j21	95,58	97,92	96,515
Mortalité globale (%)	21,815	14,54	18,18
Survie totale (%)	78,185	85,46	81,82

Comme indiqué précédemment, une forte mortalité est survenue au cours de la première semaine d'élevage. Cette tendance est maintenue dans le lot à 26°C de telle sorte que la survie la plus faible est obtenue dans ce lot (77,56 %). Par opposition, les meilleures survies ont été obtenues dans les lots soumis aux régimes thermiques 28 °C (84,87 %) et 32 °C (81,41 %). A terme, c'est-à-dire en fin de troisième semaine de l'expérimentation, la survie des lots soumis à 28°C et 32°C est pratiquement comparable (test de Fisher au seuil 5%). Ces valeurs restent cependant significativement différentes à la survie globale observée au sein du lot à 26°C (Fisher ;  $\alpha = 5\%$ ).

### **3.1.1.3. Modélisation de la croissance et calcul de l'optimum thermique de croissance**

Le principe aurait été de générer, pour chaque régime thermique, un modèle mathématique de croissance liant le poids moyen à l'âge. Pour ce faire, pour chaque régime thermique, des transformations logarithmiques auraient été effectuées pour les deux variables qui devraient être comparées par une régression polynomiale d'ordre 2 :  $\text{Log} (\text{Pm}) = a + b ([\text{Log} (\text{âge})] + c ([\text{Log} (\text{âge})]^2)$

Dès lors, la température optimale de croissance, c'est-à-dire, celle permettant la croissance maximale, est déterminée en calculant le point d'annulation de la dérivée première du modèle polynomial. Dans cette étude, nous n'avons pas pu déterminer  $T^{\circ}\text{opt}$ , pour des raisons techniques que nous détaillerons dans la discussion. Néanmoins, de la littérature, il ressort que l'application de ce modèle chez les tilapias *Oreochromis aureus* (Mpo'N'Tcha, 2000) et *O. niloticus* (Zangue, non publié) a permis de préciser que la variation ontogénétique de  $T^{\circ}\text{opt}$  était similaire chez les deux espèces (environ 1°C chaque fois que le poids corporel augmente d'un facteur 10), mais que *O. aureus* a une  $T^{\circ}\text{opt}$  supérieure à celle de *O. niloticus*.  $T^{\circ}\text{opt}$  varie entre 26-32 °C chez ces Cichlidés.

### **3.1.2. Influence de la température sur le sexe phénotypique d'*O. niloticus***

Après 21 jours d'exposition aux températures testées, les répliques d'un même traitement ont été regroupés en un lot et mis en alevinage dans trois bacs de 250 litres. Les poissons ont été nourris avec de l'aliment sentenac jusqu'à ce qu'ils atteignent 15 g (au bout d'un mois). A partir de cette taille, le sexe a été déterminé selon le protocole décliné plus haut. Les résultats du sexage sont consignés dans le tableau 3.6

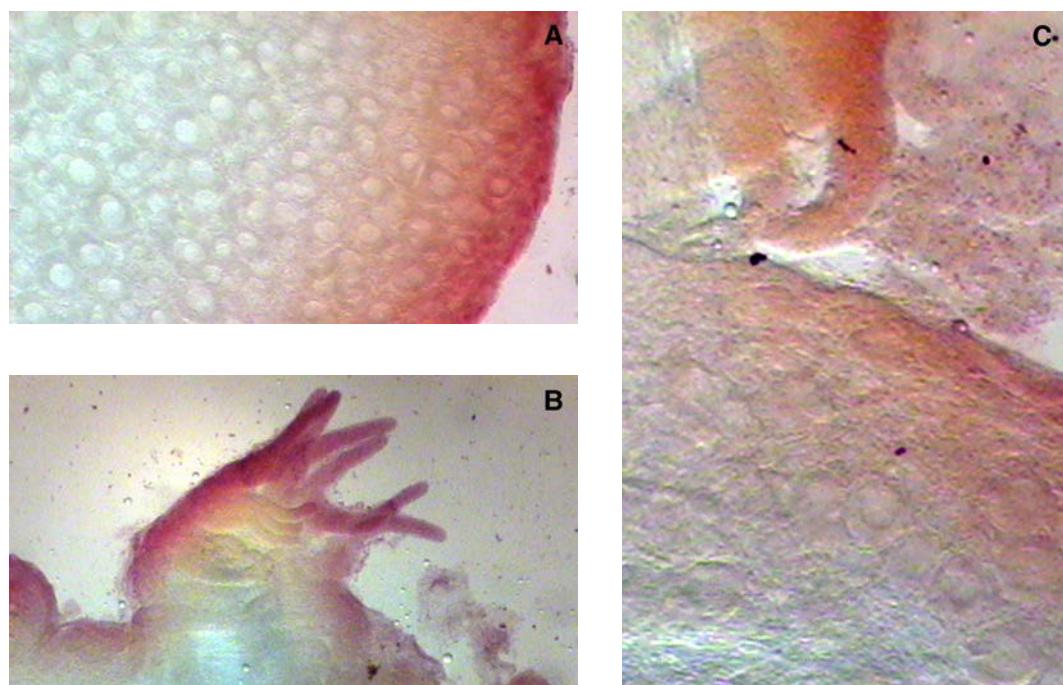


Figure 3. Squash gonadique d'*O. niloticus*. **A** : femelle, forme arrondie et ovocytes. **B** : male: forme indentée et tissus lobulaires. **C** : intersexués : à la fois deux types de tissus (gonade avec tissus mâles et femelles)

Tableau 3.6. Effet du régime thermique sur le sexe ratio chez *O.niloticus*

Régime thermique	26°	28°C	32°C
N sexés	72	62	73
Femelles	28	15	8
Intersexués	7	0	10
Dont IF	5	0	0
IFM	2	0	6
IM	0	0	4
Mâles	30	47	55
Sexe ratio	1.00 :0.2 : 0,93	1.00 :0.00 :0.33	1.00 : 0.18 :0.14
M : I : F			
Poids femelles (Moy +SD)	15, 11 ± 0.12	17 ± 0.17	18 ± 0,01
P intersexués (Moy +SD)	14, 85 ± 0.11	---	17,03 ± 0.02
P.mâles (Moy + SD)	18, 01 ± 0.23	21 ± 0.17	26,14 ± 0.10

Le sexage est réalisé à l'âge de 52 jours post-éclosion. Pour les sexes ratio, deux colonnes ne partageant pas au moins une lettre en commun, diffèrent au seuil  $p<0.05$  (table de contingence). Pour le poids corporel à chaque régime thermique, deux lignes ne partageant pas au moins une lettre en commun, diffèrent au seuil  $p<0.05$  (tests F de Scheffe, aucune comparaison entre régimes thermiques, puisque les poissons étaient sexés à des âges et poids différents)

De cette analyse, il ressort :

- le poids des mâles est significativement différent de celui des femelles ( $p = 0.014$ , ANOVA et Test F de Scheffe, ou test de Student non appariés), et augmente avec l'élévation de la température.
- la proportion de femelle diminue significativement lorsque la température d'élevage augmente ; suggérant un effet masculinisant des hautes températures.
- Très peu d'individus intersexués ont été observés.

### **3.2. Discussions**

#### **3.2.1. Effet du régime thermique sur la survie**

La forte mortalité observée lors de la première semaine dans tous les aquariums est imputable à la fragilité des alevins aux manipulations lors de leur mise en charge.

Ceci peut s'expliquer aussi par des perturbations électriques (délestages) notées dans la localité au cours de cette première semaine d'élevage ; ce qui a même entraîné un dysfonctionnement de nos diffuseurs d'air connectés à une turbine. Plus les délestages étaient intenses, plus il manquait d'oxygène dans nos aquariums.

Cette fragilité des alevins, accompagnée des perturbations électriques a entraîné une forte mortalité au cours de cette première semaine d'expérience (30 individus morts sur 60 mortalités au totale). Les coupures intempestives d'électricité ont aussi entraîné d'importantes variations de nos températures d'élevage. L'amélioration de la survie au cours des semaines suivantes est le résultat de la stabilité de notre dispositif expérimental.

#### **3.2.2. Effet de la température sur la croissance, optimum thermique de croissance**

Les effets de la température sur la croissance, dans le sens d'une croissance plus élevée aux hautes températures (28-32°C) qu'aux basses températures (< 24°C), étaient attendus chez une espèce tropicale comme *O. niloticus*. Des expériences similaires réalisées sur d'autres espèces tropicales comme *Clarias gariepinus* (Daffé, 2002) ont donné les mêmes résultats à savoir une augmentation de la croissance pour des hautes températures. En effet, dans une gamme de températures dites physiologiques, où la croissance peut s'exprimer, l'élévation de la température augmente la prise alimentaire parallèlement au métabolisme basal (Brett et Groves 1979). La température de l'eau influencerait l'ingestion dans le sens de son augmentation par rapport à l'élévation de la température. Les hautes températures favorisent une forte ingestion d'aliments, entraînant un effet positif sur la croissance des alevins. Cependant, la diminution du métabolisme général due aux faibles températures, phénomène observé chez les mammifères, a des avantages car elle permet de ralentir le vieillissement et d'augmenter la longévité ainsi que la taille maximale des individus (Le Bourg 1999).

La température, comme nous l'avons évoqué précédemment, affecte à la fois le taux d'ingestion et le métabolisme, influence aussi la croissance. Il est donc important dans notre étude, de distinguer l'effet réel de la température sur la croissance et son effet indirect sur celle-ci à travers la température optimale. L'explication réside dans le fait que : lorsque la température augmente, on note un accroissement du taux métabolique et du taux d'ingestion accompagné de ressources suffisamment disponibles pour la croissance. Ces ressources augmentent rapidement jusqu'à une valeur maximale (température optimale de croissance) puis diminuent brusquement pour atteindre une valeur nulle (croissance = 0) lorsque le taux métabolique est équivalent au taux d'ingestion. La température optimale de croissance se situerait à quelques degrés plus bas que la température pour laquelle l'ingestion est maximale. La notion de température optimale de croissance n'est valable que pour des poissons ayant accès à des ressources illimitées en nourriture (cas similaire à cette étude car nos alevins étaient nourris ad libitum).

L'optimum de température pour la croissance est très variable d'une espèce à l'autre : par exemple chez les tilapias, cette valeur est de 26-32°C, alors qu'elle n'est que de 20-24°C chez les cyprinidés et les percidés, et de 12 à 18°C chez les salmonidés.

Dans notre étude nous n'avons pas pu déterminer  $T^{\circ}\text{opt}$  pour des raisons citées ci-dessus à savoir une expérimentation réalisée dans des conditions non optimales affectant ainsi la performance de croissance de nos poissons. C'est pourquoi nos résultats de croissance sont en dessous de ceux obtenus pour cette espèce par d'autres auteurs ayant utilisé un protocole expérimental similaire.

Au plan de la température optimale de croissance, il apparaît que la valeur de  $T^{\circ}\text{opt}$  varie très peu au cours de l'ontogenèse. Pour cette comparaison, nous privilégierons des modèles élevés dans des conditions aussi proches que possible de celles de notre élevage, afin de limiter les risques d'effets inattendus (et donc non quantifiables) de l'environnement d'élevage ou de l'aliment ou encore du mode de distribution de l'aliment sur la croissance et donc sur  $T^{\circ}\text{opt}$ .

Chez la carpe *Cyprinus carpio*,  $T^{\circ}\text{opt}$  est initialement très élevée (*circa* 33°C) mais diminue rapidement lors du développement (environ 2.0°C par ordre de magnitude). Chez *Oreochromis aureus*, la diminution est de 1.0°C par ordre de magnitude (Baras *et al.* 2002) et chez *Clarias gariepinus*, elle est de 0.5°C par ordre de magnitude (Daffé, 2002).

### **3.2.3. Variabilité de l'effet de la température en fonction du sexe et sur le sexe phénotypique**

Notre étude a montré que l'effet de la température sur la croissance des alevins et juvéniles d'*O. niloticus* était en faveur des mâles. De même, elle a mis en évidence un effet de la température sur le sexe ratio, dans le sens d'une augmentation de la proportion de mâles à haute température (32°C). La masculinisation des poissons à haute température a déjà été observée chez une série d'espèces de poissons (synthèse in Baroiller et al, Baroiller & D'Cotta, 2001 ; Devlin & Nagahama, 2002). En effet à quatre exceptions près, toutes les espèces évaluées à ce jour semblent partager un mécanisme de déterminisme thermolabile du sexe (TSD), caractérisé par la production d'une proportion plus élevée de mâles à haute température. Elle s'explique par l'inhibition à haute température de l'aromatase, qui intervient dans la conversion des hormones stéroïdiennes mâles en hormones stéroïdiennes femelles. Sous l'action de la kétotestostérone et en l'absence d'oestradiol, les gonades développent du tissu mâle, et le poisson devient un mâle phénotypique, même si son génotype est femelle.

Chez certaines espèces, l'action de la température est continue et la proportion de mâle augmente régulièrement avec la température ambiante (ie. quelques athériniformes ; Conover & Kynard, 1981 ; Strüssman et al., 1996, 1997) alors que chez d'autres espèces, comme les tilapia *O. niloticus* et *O. aureus*, son mode d'action est celui d'un seuil, c'est-à-dire, le sexe ratio est équilibré sur une grande gamme de température, puis augmente brutalement au-delà d'une valeur seuil (Baroiller et al, 1996 ; Desprez & Melard, 1998 ; Baras et al, 2000, 2001). Ceci confirme notre étude puisque nous avons un effet progressif. La proportion de mâle augmente en effet régulièrement de 26 à 32°C.

#### **IV. Conclusion et perspectives**

Notre étude a, dans l'ensemble, mis en évidence un effet bénéfique des hautes températures sur l'élevage d'*O. niloticus*, dans le sens que le gain de croissance n'était pas contrebalancé par une diminution marquée de la survie.

Sur le plan pratique, au regard de l'évolution annuelle de la température du fleuve Sénégal et des canaux d'irrigation de la zone d'étude (de 18°C à 30°C), cette étude est en mesure d'apporter beaucoup de renseignements concernant la gestion des élevages.

Dans un premier temps, elle donne des bases claires sur lesquelles on pourrait s'appuyer pour déterminer le laps de temps nécessaire à l'obtention d'individus de poids donnés à un régime thermique particulier. Il sera donc possible, pour un pisciculteur de mieux tabler le calendrier de sa production en fonction du régime thermique dont il dispose, et éventuellement d'éviter de pratiquer des élevages à certaines périodes de l'année où la température ne conviendrait pas.

D'autre part, sur le plan de l'apprentissage des techniques d'élevage larvaire et d'alevinage, cette étude nous a permis de comprendre la réalisation et la mise en route d'un protocole expérimental. C'est à cet effet que nous dégageons ici quelques perspectives permettant de contribuer significativement au développement de la pisciculture continentale, en particulier, et de l'aquaculture en général :

- i)** production de populations monosexes mâles d'*Oreochromis aureus* (autre tilapias à forte croissance et présent dans le bassin du fleuve) par l'action de la température d'élevage.
- ii)** Application de températures élevées (choc thermique) à des œufs ou à des alevins d'*Oreochromis niloticus* pendant la période de différenciation des gonades ou l'embryogenèse.
- iii)** Hybridation avec des espèces comme *Oreochromis aureus*, *Oreochromis mosambicus*, ou avec d'autres espèces selon le résultat attendu.

- iv)** Amélioration génétique c'est-à-dire utilisation de supermâles (YY) qui permet d'obtenir un taux de mâles équivalent à celui donné par l'inversion du sexe à la testostérone sans risque d'impact environnemental.

## **VI. Références bibliographiques**

- Balarin, J.D et Hatton, P.J. (1979). Tilapia. A guide to their biology and culture in Africa  
Unit of Aquatic Pathobiology, univ. Sterling, Scotland, 174 p
- Baras, E., Mpo'n'tcha, A., Driouch, H., Prignon, C., Melard, C. (2001). Ontogenetic variation of thermal optimum for growth, and its implication on thermolabile sex determination in blue tilapia. *Journal of Fish Biology, circa 15 pp*
- Baras, E., Jacobs, B. & Mélard, C. (2001). Effet of water temperature on survival, Growth and phenotypic sex of mixed (XX-XY). progenie of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. *Aquaculture*, 192, 187 -199
- Baroiller, J-F & D'Cotta, H. (2001). Environment and sex determination in farmed sex chromosomes govern sex ratios of the mouthbrooding cichlid fish *Oreochromis niloticus*. *Journal of Experimental Zoology*. 273, 216-223.
- Baroiller, J.-F., D'Cotta, H. (2001). Search for genes involved in the temperature induced gonadal sex differentiation in the tilapia, *Oreochromis niloticus*.
- Baroiller, J.-F., Clota, F. & Géraz, E. (1996). Temperature sex determination in two tilapias species, *Oreochromis niloticus* and the red tilapia (Red Florida strain): effect of high or low temperatures. Pp. 158-160 In F. Goetz & P Thomas (eds) *Proceeding of the Fifth International Symposium on the Reproductive Physiology of fish*. Austin University, Texas
- Björnsson, B., Steinarsson, A., Oddgeirsson, M.(2001). Optimum temperature for growth and food conversion of immature cod (*Gadus morhua*).
- Bondari, K. (1982). Reproductive performance, growth, and survival of catfish.
- Brett, J.R., Groves, T.D.D. (1979). Physiological energetics. In: Hoar, W.S., Rendall, D.J. and Brett, J.R (eds), *Bioenergetics and growth*, 244-280. Academic Press, New York.
- Brett, J.R., Groves, T.D.D. (1979). Effect of temperature on growth and metabolism in juvenile turbot.
- Bruyere, V., Janot, C. (1993). NMR solution structure of the pathogenesis- related protein P14a.
- Chervinsky, J. et Rothbard, S. (1982). Cold tolerance of tilapia species and hybrids.
- CIFA/OP24. (2000). Africa regional aquaculture review, FAO Regional Office for Africa, Accra, Ghana 2000, 50 pp.
- Conover, D.O., Kynard, B.E. (1981). Evidence of thermolabile sex determination in Pejerrey.
- Daffé, M. (2002). Effet de la température sur la croissance, la survie et le sexe phénotypique chez les larves du poisson chat africain *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). DES interuniversitaire. Université de Liège, 29pp.
- Daffé, M., Baras, E. (2003). Ontogenetic variations of the thermal optimum for

growth during the early development of the sharptooth catfish *Clarias gariepinus*. Aquaculture. 12 pp.

Daffé, M., Baras, E. (2003). Thermolabile sex determination in the sharptooth. *Clarias Gariepinus. Journal of Fish Biology; 8 pp.*

Delvin, R.H., Nagahama, Y. (2002). Sex determination and sex differentiation in fish. Aquaculture 208, 191-364.

Desprez, D & Mélard, C. (1998) Effet of water temperature on sex determination in blue tilapia *Oreochromis aureus*, *Aquaculture*, 162, 79-84

FAO. (1995). Review of the state of world fishery resources: aquaculture. *FAO Fisheries Circular*, No. 886. Rome, FAO. 1995. 127 p.

FAO. (1997). Review of the state of world aquaculture. *FAO Fisheries Circular*. No. 886, Rev.1. Rome, FAO. 1997. 163 p.

FAO. (2000). Expert consultation on the proposed sub-committee on aquaculture of the Committee on Fisheries. *FAO Fisheries Report*, No. 623. Rome, FAO. 2000. 36 p.

FAO. (2001)a. Report of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium, Bangkok, Thailand, 20-25 February 2000. *FAO Fisheries Report*, No. 661. 2002. Rome, FAO. 97 p.

FAO. (2001)b. Fishery Statistics: Aquaculture production, Vol. 88/2, 1999. *FAO Fisheries Series*, No. 58 and *FAO Statistics Series*, No. 160. Rome, FAO. 2001. 178 p.

Fryer, G., Iles, T.D. (1972). A model of sympatric speciation by sexual selection.

George T.T. (1976) Observation on the growth of tilapia nilotica (L) in the tropical fish ponds treated with different fertilizers. Proc. FAO/CIFA Symp. On Aquaculture in Africa, Accra, Ghana. CIFA/75/SE.11:16p

Goudier, M.J., Ganam, G., Raoul, Y. (1986). Randomized trial comparing six Versus three cycles of Epirubicin- Based Adjuvant chemotherapy.

Hecht, T., Pienaar, A.G. (1993). A Review of cannibalism and its implication in fish larviculture. *Journal of World Aquaculture Society*, 24, 246-261.

Jobling, M. (1997). Temperature and growth: Modulation of growth rate via temperature change .pp.225-253 In C.M. Wood & D.G. McDonald (eds) *Global warming: implications for freshwater and Marine Fish*. Cambridge, University Press.

Jobling, M. (1994). Book reviews and notices *Aquaculture international* 2.

Lazard, J., Legendre, P.(1995) Méthodes artisanales d'aquaculture du tilapia en Afrique , Nogent sur marne, France : CTFT-Cirad, 82pp.

Laurence, M., Brett, J.R. (1979). Optimum temperature and food limited growth of larval Atlantic cod (*Gadus morhua*).

Magid, A & Babiker, M. (1975) Oxygen consumption and respiratory behaviour in three Nile fishes. *Hydrobiologia*, 46, 359-67

Magid, A., Babiker, M. (1975). Respiratory responses of *Oreochromis niloticus* (Pisces, cichlidae) to environmental.

Mair, P. (1987). Sex determination in the gens *Oreochromis niloticus*

Mc Mullen, D.M., Middaugh, D.P. (1985).The effect of temperature of food density on survival and growth of *Menidia peninsulae* larvae

Mélard, C., Philippart, J .C . (1981). Pisciculture intensive du Tilapia *Sarotherodon niloticus* dans les effluents thermiques d'une centrale nucléaire en Belgique. pp. 637-658. In: Proceedings world symposium on aquaculture in heated effluents and recirculation systems, Stavanger (Norway), 28-30 May 1980, vol.1, Berlin

Mélard, C. (2002). Bases biologiques de l'aquaculture. Notes de cours, DES Aquaculture, Univ. Liège. Station D'aquaculture de Tihange

Mpo'N'Tcha, A. (2000). Etude de la variation ontogénétique de l'optimum thermique de croissance chez le tilapia bleu *Oreochromis aureus*. Travail de fin d'Etudes, Université de Liège, 30 pp

NACA/FAO. (1999). Report of the regional workshop to formulate the Asian aquaculture development strategy for 2000-2020, Kanchanaburi, Thailand. Sep 1999, 23 pp.

NACA/FAO. (2000). Aquaculture Development Beyond 2000: the Bangkok Declaration and Strategy. Conference on Aquaculture in the Third Millennium, 20-25 February 2000, Bangkok, Thailand. NACA, Bangkok and FAO, Rome. 27p.

NACA/FAO. (2001). Aquaculture in the Third Millennium - Technical Proceedings of the Conference on Aquaculture in the Third Millennium, Bangkok, Thailand. 20-25 February 2000. Subasinghe, R.P., Bueno, P., Phillips, M.J., Hough, C., McGladdery, S.E., & Arthur, J.E. (Eds.) 2002. NACA, Bangkok and FAO, Rome. 471pp.

Nicieza, A.G., Metcalfe, N.B. (1997). Growth compensation in juvenile Atlantic Salmon. Responses to depressed temperature and food availability.

Philippart, J.C., Ruwet, J.C. (1982). Distribution and ecology of tilapia, pp.15-59.In: PULLIN, R.S.V.& LOWE-McConnell, R.H.(eds) , The biology and culture of tilapia s, ICLARM Conference Proceeding 5 (Bellagio, Italy 2-5 September 1980), international Center for living Aquatic Resources Management , Manilla, Philippines .

Ruwet, J.C. (1976). Hormonal profile of growing male and female diploids and triploids of the blue tilapia, *Oreochromis niloticus*.

Ruwet, J.C. (1963). Observations sur le comportement sexuel de Tilapia macrochir (Blgr) (Pisces Cichlidae) au lac retenue de la Lufira (Katanga).Behaviour, XX, 3-4 : 242-250

Ruwet, J.C., Voss, J., Hanon, L. et Micha, J.C. (1976). Biologie et élevage des Tilapias. Symposium FAO/CPCA sur l'aquaculture en Afrique, Accra, Ghana, 30 septembre au 6 octobre 1975, 27p

Ruwet, J.C., Voss, J., Mélard, C. et BISSCHOPS, D. (1983). Scénario et commentaire du film « étude et culture des tilapia : histoire d'une domestication ». Cahier d'éthiologie appliquée, 3 (1) : 115-130.

Strassman, G., Fong, M. (1997). Thermolabile sexe determination in Hommoroko.

Toguyeni, A. (1996). Plasma Thyroid hormones and hepatic nucleic acids in relation to sex of tilapia *Oreochromis niloticus*.

Trewavas, E. (1982). Nomenclature of Tilapia of Southern Africa. J.Limnol. Soc. Sth. Afr. 7(1), 42p.

Voss, J. (1976). Contribution à l'éthiologie comparée des poissons Cichlides africains. Tom 1 et 2. Thèse de doctorat en Sciences zoologiques, Faculté des Sciences de l'Université de Liège.

Voss, J. (1980). Color patterns of african Cichlids. T.f.h., New Jersey, 126 p.

Yamazaki, Y. (1984). Photoelectric conversion device and method manufacring same.

Zhang, Z., Rhunham, N.W. (1992). Otolith microstructure pattern in *Oreochromis niloticus*.

## **Liste des Sigles et Abréviations**

**UCAD:** Université Cheikh Anta Diop de Dakar

**IUPA:** Institut Universitaire de Pêche et d'Aquaculture

**DPCA:** Direction de la Pêche Continentale et de l'Aquaculture

**FAO:** Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation

**PIB:** Produit Intérieur Brut

**CSS :** Compagnie Sucrière Sénégalaise

**g:** gramme

**Kg :** Kilogramme

**cm :** centimètre

**mm :** millimètre

**°C :** degré celcius

**T°C :** Température en degré celcius

**mg :** milligramme

**Pm:** Poids moyen

**W :** Watt

**%:** pour cent

**F:** femelle

**M:** mâle

**I:** Intersexué

**IFM:** Intersexué femelle mâle

**IF:** Intersexué femelle

**IM:** Intersexué mâle

**T°opt:** Température Optimale

**CV:** Coefficient de Variation

**SD:** Standard Déviation

**g/j:** gramme par jour

**TSD :** Déterminisme Thermolabile du Sexe

## ANNEXES

### Analyse de données

#### I- ANOVA pour le poids moyen :

##### Semaine 1.

**ANOVA Table for Pm (g) sem1**

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Traitement	2	3,523E-4	1,762E-4	3,608	,1592	7,215	,292
Residual	3	1,465E-4	4,883E-5				

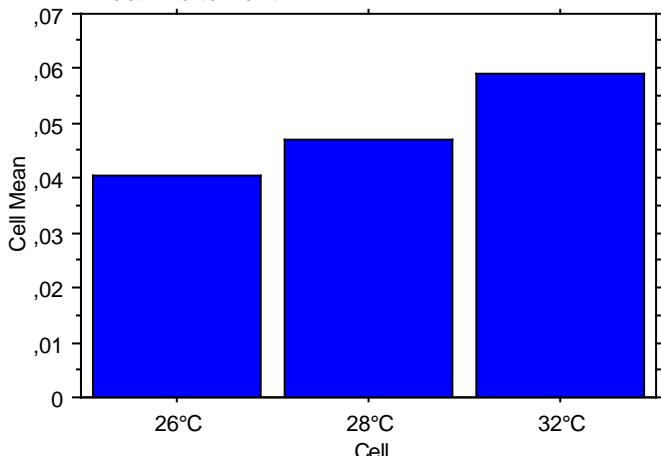
**Means Table for Pm (g) sem1**

**Effect: Traitement**

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Err.
26°C	2	,040	,005	,003
28°C	2	,047	,008	,006
32°C	2	,059	,007	,005

**Interaction Bar Plot for Pm (g) sem1**

**Effect: Traitement**



**Fisher's PLSD for Pm (g) sem1**

**Effect: Traitement**

**Significance Level: 5 %**

	Mean Diff.	Crit. Diff.	P-Value
26°C, 28°C	-,007	,022	,4209
26°C, 32°C	-,019	,022	,0772
28°C, 32°C	-,012	,022	,1844

## Semaine 2.

**ANOVA Table for Pm (g) sem2**

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Traitement	2	,011	,006	43,168	,0062	86,336	,993
Residual	3	3,895E-4	1,298E-4				

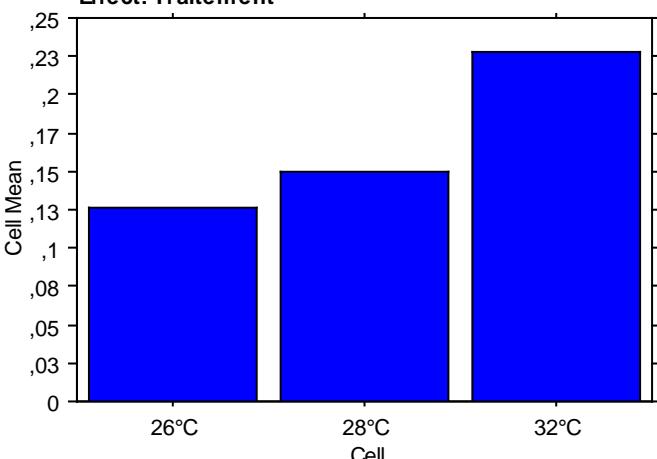
**Means Table for Pm (g) sem2**

**Effect: Traitement**

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Err.
26°C	2	,127	,005	,004
28°C	2	,149	,001	,001
32°C	2	,227	,019	,014

**Interaction Bar Plot for Pm (g) sem2**

**Effect: Traitement**



**Fisher's PLSD for Pm (g) sem2**

**Effect: Traitement**

**Significance Level: 5 %**

	Mean Diff.	Crit. Diff.	P-Value
26°C, 28°C	-,023	,036	,1369
26°C, 32°C	-,101	,036	,0030 S
28°C, 32°C	-,078	,036	,0064 S

## Semaine 3.

**Row exclusion: big d senT&biom.svd**

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Traitement	2	,060	,030	60,120	,0164	120,240	,953
Residual	2	,001	5,000E-4				

**Means Table for Pm (g) sem3**

**Effect: Traitement**

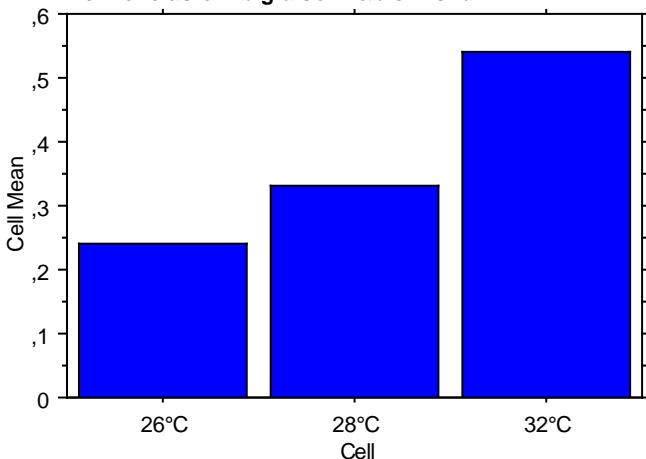
**Row exclusion: big d senT&biom.svd**

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Err.
26°C	2	,240	,028	,020
28°C	2	,330	,014	,010
32°C	1	,540	*	*

**Interaction Bar Plot for Pm (g) sem3**

**Effect: Traitement**

**Row exclusion: big d senT&biom.svd**



**Fisher's PLSD for Pm (g) sem3**

**Effect: Traitement**

**Significance Level: 5 %**

**Row exclusion: big d senT&biom.svd**

	Mean Diff.	Crit. Diff.	P-Value
26°C, 28°C	-,090	,096	,0565
26°C, 32°C	-,300	,118	,0082 S
28°C, 32°C	-,210	,118	,0166 S

## II- ANOVA pour la croissance G (g/j) :

### Semaine 1.

**ANOVA Table for G (g/j)sem1**

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Traitement	2	7,190E-6	3,595E-6	3,608	,1592	7,215	,292
Residual	3	2,990E-6	9,966E-7				

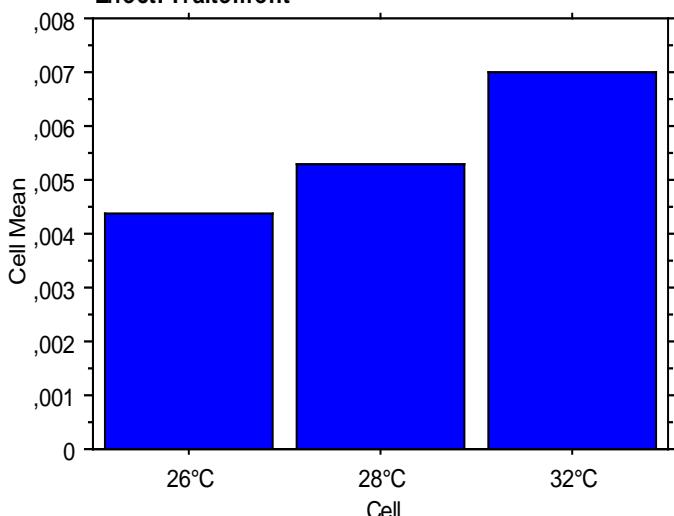
**Means Table for G (g/j)sem1**

**Effect: Traitement**

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Err.
26°C	2	,004	,001	5,000E-4
28°C	2	,005	,001	,001
32°C	2	,007	,001	,001

**Interaction Bar Plot for G (g/j)sem1**

**Effect: Traitement**



**Fisher's PLSD for G (g/j)sem1**

**Effect: Traitement**

**Significance Level: 5 %**

	Mean Diff.	Crit. Diff.	P-Value
26°C, 28°C	-,001	,003	,4209
26°C, 32°C	-,003	,003	,0772
28°C, 32°C	-,002	,003	,1844

## Semaine 2.

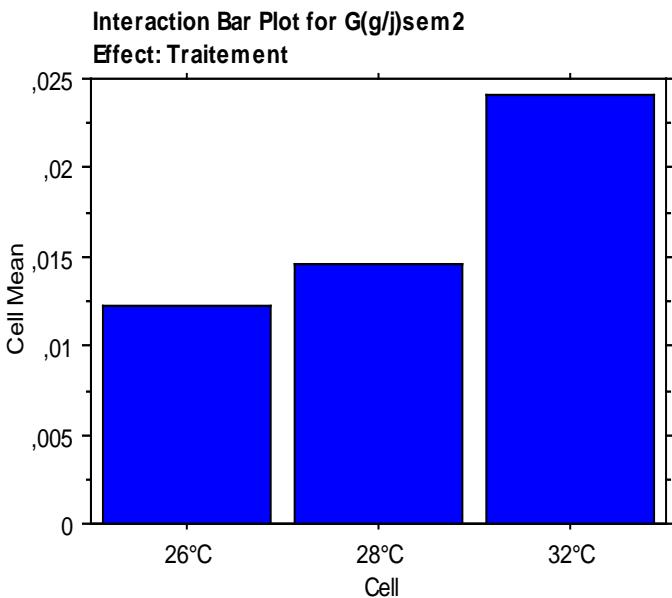
**ANOVA Table for G(g/j)sem2**

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Traitement	2	1,556E-4	7,779E-5	37,738	,0075	75,475	,987
Residual	3	6,184E-6	2,061E-6				

**Means Table for G(g/j)sem2**

**Effect: Traitement**

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Err.
26°C	2	,012	,001	,001
28°C	2	,015	,001	,001
32°C	2	,024	,002	,001



**Fisher's PLSD for G(g/j)sem2**

**Effect: Traitement**

**Significance Level: 5 %**

	Mean Diff.	Crit. Diff.	P-Value
26°C, 28°C	-,002	,005	,1992
26°C, 32°C	-,012	,005	,0038 S
28°C, 32°C	-,009	,005	,0072 S

### Semaine3.

**ANOVA Table for G(g/j)sem3**

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Traitement	2	,001	3,338E-4	34,817	,0084	69,633	,981
Residual	3	2,877E-5	9,588E-6				

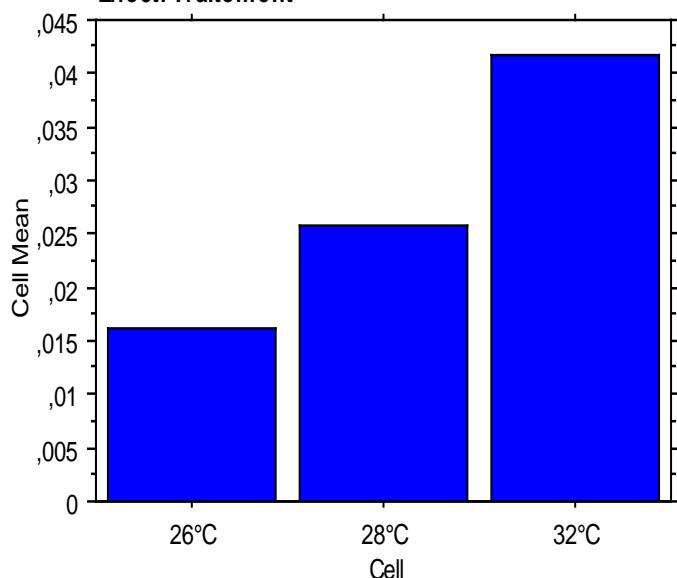
**Means Table for G(g/j)sem3**

**Effect: Traitement**

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Err.
26°C	2	,016	,005	,003
28°C	2	,026	,002	,002
32°C	2	,042	,001	,001

**Interaction Bar Plot for G(g/j)sem3**

**Effect: Traitement**



**Fisher's PLSD for G(g/j)sem3**

**Effect: Traitement**

**Significance Level: 5 %**

	Mean Diff.	Crit. Diff.	P-Value
26°C, 28°C	-,010	,010	,0537
26°C, 32°C	-,026	,010	,0037 S
28°C, 32°C	-,016	,010	,0141 S

### III- ANOVA pour le taux spécifique de croissance (SGR) :

#### Semaine1.

**ANOVA Table for SGR(%/j)sem1**

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Traitement	2	,003	,002	3,607	,1592	7,214	,292
Residual	3	,001	4,599E-4				

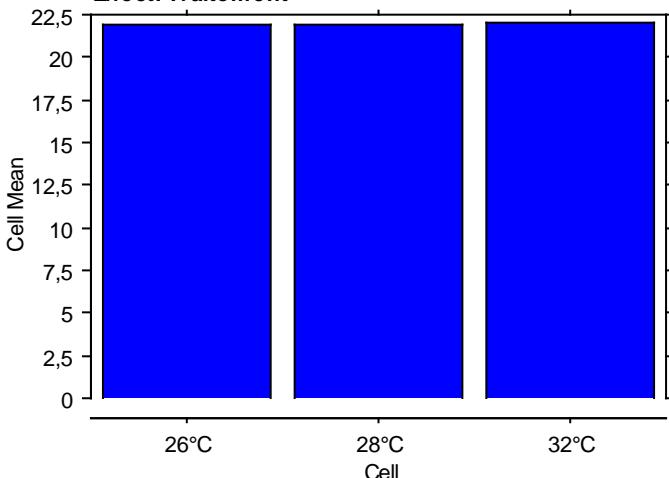
**Means Table for SGR(%/j)sem1**

**Effect: Traitement**

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Err.
26°C	2	21,942	,015	,011
28°C	2	21,962	,026	,018
32°C	2	21,999	,022	,015

**Interaction Bar Plot for SGR(%/j)sem1**

**Effect: Traitement**



**Fisher's PLSD for SGR(%/j)sem1**

**Effect: Traitement**

**Significance Level: 5 %**

	Mean Diff.	Crit. Diff.	P-Value
26°C, 28°C	-,020	,068	,4205
26°C, 32°C	-,057	,068	,0772
28°C, 32°C	-,037	,068	,1846

## Semaine2.

**ANOVA Table for SGR(%/j)sem2**

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Traitemet	2	1,519	,760	1,954	,2862	3,907	,181
Residual	3	1,167	,389				

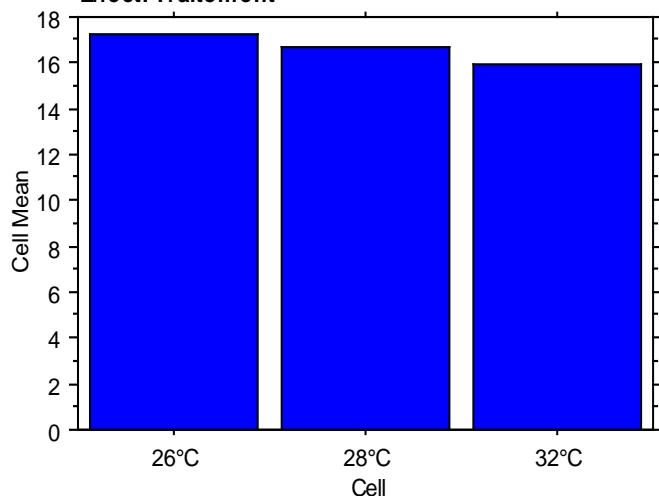
**Means Table for SGR(%/j)sem2**

**Effect: Traitemet**

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Err.
26°C	2	17,209	,546	,386
28°C	2	16,673	,804	,568
32°C	2	15,980	,472	,333

**Interaction Bar Plot for SGR(%/j)sem2**

**Effect: Traitemet**



**Fisher's PLSD for SGR(%/j)sem2**

**Effect: Traitemet**

**Significance Level: 5 %**

	Mean Diff.	Crit. Diff.	P-Value
26°C, 28°C	,535	1,984	,4537
26°C, 32°C	1,229	1,984	,1433
28°C, 32°C	,694	1,984	,3470

## Semaine3.

**ANOVA Table for SGR(%/j)sem3**

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Traitement	2	4,488	2,244	19,401	,0192	38,803	,874
Residual	3	,347	,116				

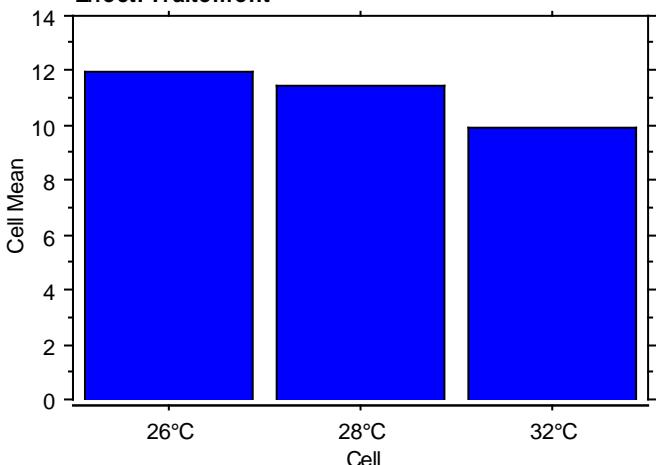
**Means Table for SGR(%/j)sem3**

**Effect: Traitement**

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Err.
26°C	2	11,945	,417	,295
28°C	2	11,460	,121	,085
32°C	2	9,916	,398	,281

**Interaction Bar Plot for SGR(%/j)sem3**

**Effect: Traitement**



**Fisher's PLSD for SGR(%/j)sem3**

**Effect: Traitement**

**Significance Level: 5 %**

	Mean Diff.	Crit. Diff.	P-Value
26°C, 28°C	,485	1,082	,2493
26°C, 32°C	2,028	1,082	,0094
28°C, 32°C	1,544	1,082	,0200

## IV- ANOVA pour le taux de mortalité M (%) :

### Semaine1.

**ANOVA Table for Mortalité sem1**

**Row exclusion: big d senT&biom.svd**

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Traitemet	2	12,300	6,150	,665	,6006	1,330	,081
Residual	2	18,500	9,250				

**Means Table for Mortalité sem1**

**Effect: Traitemet**

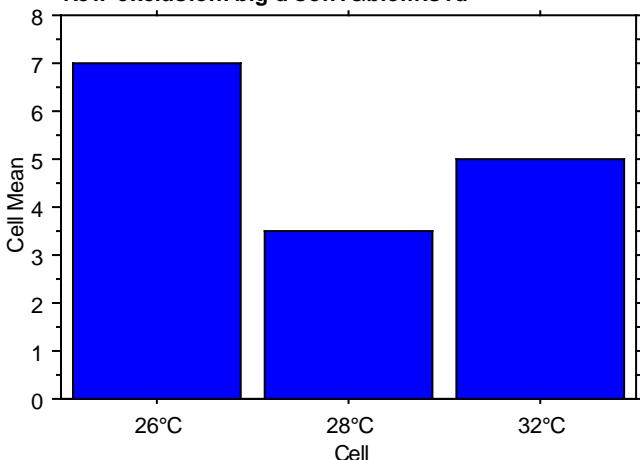
**Row exclusion: big d senT&biom.svd**

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Err.
26°C	2	7,000	4,243	3,000
28°C	2	3,500	,707	,500
32°C	1	5,000	•	•

**Interaction Bar Plot for Mortalité sem1**

**Effect: Traitemet**

**Row exclusion: big d senT&biom.svd**



**Fisher's PLSD for Mortalité sem1**

**Effect: Traitemet**

**Significance Level: 5 %**

**Row exclusion: big d senT&biom.svd**

	Mean Diff.	Crit. Diff.	P-Value
26°C, 28°C	3,500	13,086	,3688
26°C, 32°C	2,000	16,027	,6451
28°C, 32°C	-1,500	16,027	,7261

## Semaine2.

### **ANOVA Table for Mortalité sem2**

**Effect: Traitement**

**Row exclusion: big d senT&biom.svd**

	DF	Sum of Squares	Mean Square	F-Value	P-Value	Lambda	Power
Traitement	2	,300	,150	,600	,6250	1,200	,078
Residual	2	,500	,250				

### **Means Table for Mortalité sem2**

**Effect: Traitement**

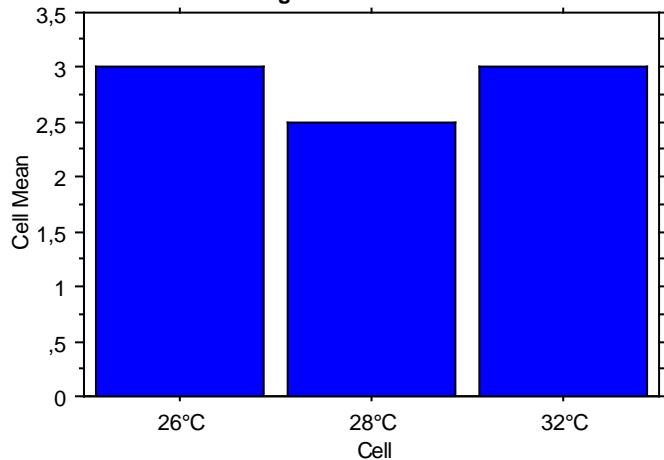
**Row exclusion: big d senT&biom.svd**

	Count	Mean	Std. Dev.	Std. Err.
26°C	2	3,000	0,000	0,000
28°C	2	2,500	,707	,500
32°C	1	3,000	*	*

### **Interaction Bar Plot for Mortalité sem2**

**Effect: Traitement**

**Row exclusion: big d senT&biom.svd**



### **Fisher's PLSD for Mortalité sem2**

**Effect: Traitement**

**Significance Level: 5 %**

**Row exclusion: big d senT&biom.svd**

	Mean Diff.	Crit. Diff.	P-Value
26°C, 28°C	,500	2,151	,4226
26°C, 32°C	0,000	2,635	*
28°C, 32°C	-,500	2,635	,5000

Sujet : **Effet de la température sur la croissance, la survie et le sexe phénotypique des alevins *d’Oreochromis niloticus* du fleuve Sénégal.**

- **Nom du candidat :** Mamadou SENE
- **Nature du mémoire :** Master 2 en Sciences Halieutiques et Aquacoles
- **Jury :** President : M. Papa NDIAYE  
Membres: M. Omar Thiom THAW  
M. Mamina DAFFE  
M. Sylvain GILLES.
- Soutenu le 26 Décembre 2006
- **RESUME**

De nos résultats, nous retenons que les croissances obtenues en fin d'expérience sont proportionnelles à la température d'élevage. Ceci est confirmé au vingt et unième jour où la croissance la plus forte était observée au sein du lot soumis à 32°C ( $P_m = 0,52$  g), et la plus faible à 26°C ( $P_m = 0,24$  g). Les vitesses de croissance spécifique (SGR en %) et pondérale (G en g/ j) sont des paramètres de croissance évoluant en fonction de l'augmentation de la température d'élevage qui nous ont permis de modéliser la croissance. Une forte mortalité est survenue au cours de la première semaine d'élevage. Cette tendance est maintenue dans le lot soumis à 26°C de telle sorte que la survie la plus faible est obtenue dans ce lot (78,185 %). Les meilleures survies ont été obtenues dans les lots soumis à un régime thermique constant de 28 °C (85,46 %) et 32 °C (81,82 %). A terme, c'est-à-dire en fin de troisième semaine de l'expérimentation, la survie des lots soumis à 28°C et 32°C sont pratiquement comparables (test de Fisher au seuil 5%).

Notre étude a aussi montré que l'effet de la température sur la croissance des alevins et juvéniles *d’O. niloticus* était en faveur des mâles. De même, elle a mis en évidence l'effet de la température sur le sexe ratio, dans le sens d'une augmentation de la proportion de mâles à haute température (32°C)

**Mots clés :** Température Croissance, Survie, Sexe phénotypique, alevins *d’Oreochromis niloticus*