

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

المعهد الوطني لعلوم البحر و تهيئة الساحل

INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES DE LA MER ET DE L'AMENAGEMENT DU LITTORAL



MEMOIRE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME

D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : Aquaculture

Sujet

*Contribution à l'étude de la différenciation morphométrique et génétique du Tilapia en Algérie*

Présenté par

*Dhia ATMANE*

Soutenu le 03 Juillet 2008 devant la commission d'examen formée de :

Mr HEMIDA F.	Maître de conférences (I.S.M.A.L)	Président
M <sup>elle</sup> ALLOUACHE S.	Maître Assistante (I.S.M.A.L)	Examinatrice
Mr MEDDOUR A.	Chargé de cours (Univ. d'Annaba)	Examineur
M <sup>elle</sup> AMAR I.	Maître Assistante (I.S.M.A.L)	Rapporteur
Mr ZOUAKH D.E.	Chargé de cours (I.S.M.A.L)	Co-Rapporteur

**Promotion 2007 – 2008**

## Remerciements

*Je suis très heureuse de pouvoir exprimer ici mes plus vifs remerciements à :*

*Monsieur F. HEMIDA qui me fait l'honneur de présider ce jury et qui n'a pas ménagé sa peine pour m'aider à éclairer les résultats. Je le remercie également pour son aide morale, ses conseils et ses encouragements,*

*Melle S. ALOUACHE pour avoir accepté aimablement d'examiner et évaluer ce travail,*

*Docteur A. Meddour, enseignant à l'université Badji Mokhtar de ANNABA d'avoir accepté de juger ce travail malgré ses nombreuses occupations, sa participation au jury me fait un grand plaisir,*

*Mme I. AMMAR ma promotrice, qui m'a orienté et dirigé et à qui je souhaite une réussite dans ses projets.*

*Mr D.E. ZOUAKH, mon co-promoteur pour avoir mis à ma disposition le matériel biologique et les moyens nécessaires à la réalisation de ce travail, ainsi que pour son constant et réconfortant soutien et ce malgré ses responsabilités.*

*Je tiens à formuler ma profonde reconnaissance à Mr A. BOUAZIZ pour l'aide qu'il m'a apporté.*

*J'associe à ces remerciements à Mr M. AOUANE pour son aide scientifique et ses conseils pratiques.*

*Mes profonds remerciements vont à toute la promotion «Aquaculture 2008».*

*Je ne pourrais pas terminer sans remercier les ingénieurs des Laboratoires qui nous ont aidé à garder en bonne conditions nos poissons,*

*Je remercie tout le personnel administratif et pédagogique de l'ISMAE et plus particulièrement Mustapha, Rachid, Kamel et Nacer.*

*Que toute personne de mon entourage qui a su être présente puisse trouver ici ma profonde gratitude : mes parents pour leur affection leur patience et leur compréhension, mes amis, pour leur soutien et leur sympathie.*

## *Dédicaces*

*Cet humble travail est dédié :*

*A mon père dont la présence à mes côtés, m'a accompagnée tout au long de ces années.*

*A ma chère mère*

*A Ferrouja*

*A mes frères Dahmane, Ziad, Allâoua et Ouardia.*

*Ghilas, Farid, et Leaticia*

*A à mon fiancé Michel et toute sa famille*

*A ma chère amie Samira Kherbouche pour sa présence constante et amicale, et son oreille attentive.*

*A mon grand père et Yemma Ouardia*

*A toute ma famille,*

*A tout mes amis en particulier ; Dehbia, Naïma, warda , Nacera, Hacen, Karim, Soraya, Samira, Nassima, Lwiza, Samia, Radia...*

*Mes copines de chambre avec qui j'ai partagé des instants formidables Samira, Syhem et Rose.*

<b>Sommaire</b>	
<b>Introduction</b> .....	6
<b>Chapitre Premier : Données générales</b> .....	8
1. Le tilapia gris ( <i>Oreochromis niloticus</i> ).....	9
1.1. Systématique.....	9
1.2. Caractères morphologiques.....	10
1.3. Reproduction.....	11
1.4. Ecologie et comportement.....	11
2. le Tilapia hybride.....	11
2.1. Systématique.....	12
2.2. Caractères morphologiques.....	12
2.3. Reproduction.....	13
2.4. Ecologie et comportement.....	13
3. Le <i>Tilapia zillii</i> .....	13
3.1. La systématique.....	13
3.2. Caractéristiques morphologiques.....	14
3.3. Reproduction.....	15
3.4. Ecologie et comportement.....	15
4. Techniques de biologie moléculaire appliquées en génétique des populations.....	15
4.1. L'analyse des molécules par les enzymes de restrictions (RFLP).....	15
4.2. Le séquençage.....	17
<b>Chapitre Deuxième : Matériels et Méthode</b> .....	18
1. Matériel biologique.....	19
1.1. Tilapia gris et Tilapia rouge .....	19
1.2. Le <i>Tilapia zillii</i> .....	19
2. Extraction de l'ADN .....	22
2.1. Extraction de l'ADN génomique à partir du sang .....	23
2.2. Extraction de l'ADN génomique à partir des organes (rate et foie).....	24
3. Contrôle de l'ADN extrait.....	26
3.1. La spectrophotométrie.....	26
3.2. L'électrophorèse.....	26
4. Analyse génétique.....	26

5. Analyses morphométriques .....	27
5.1. Introduction à la morphométrie appliquée aux poissons.....	27
5.2. Identification des variables morphométriques.....	27
5.2.1. Les critères métriques.....	27
5.2.2. Les critères méristiques.....	27
6. Méthodes statistiques.....	28
6.1. Calcul des indices des différentes mesures relevées.....	28
6.2. Analyse en Composantes Principales.....	31
<b>Chapitre III : Résultats et Discussion</b> .....	33
1. Extraction de l'ADN .....	34
1.1. Le rendement.....	34
1.2. L'analyse génétique .....	34
2. Analyse morphométrique.....	35
2.1. Calcul des rapports morphométriques .....	35
2.2. Caractères méristiques.....	36
2.3. Calcul du test de comparaison .....	36
2.4. L'analyse en composantes principales.....	37
<b>Conclusion et perspectives</b> .....	42
<b>Bibliographie</b> .....	46
<b>Annexes</b>	

### Liste des abréviations

ACP	:	Analyse en Composantes Principales
ADN	:	Acide Désoxyribo Nucléique
ADNg	:	ADN génomique
ARN	:	Acide Ribonucléique
CP	:	Composante principale
EDTA	:	Ethylène – diamine - tetra – acétique).
FAO	:	Food and Agriculture Organisation
Kb	:	kilobase
Mn	:	Minute
PCR	:	Polymérase chain reaction
RFLP	:	Restriction Fragment Length Polymorphism
S <sup>2</sup>	:	Variance
SLR	:	Solution de lyse des globules rouges
Tr	:	Tour

# *INTRODUCTION*

*“Le développement suppose l'apparition d'un  
monde nouveau et non le grossissement  
quantitatif de ce qui existe déjà”  
Albertini (1981)*

Le Tilapia, modèle pour l'aquaculture d'eau chaude, est le nom commun donné à un groupe de poissons de la famille des Cichlidés. Trois espèces du tilapia ont fait l'objet de notre étude : *Tilapia zillii*, *Oreochromis niloticus* et tilapia hybride ; *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mossambicus*.

*Tilapia zillii* (Gervais, 1848) dont la présence en Algérie est signalée depuis longtemps (Pellegrin, 1917 in Hadjadj et Toumi, 2003 ; Pellegrin, 1921). Cette espèce autochtone est présente dans le Sud algérien particulièrement dans les régions de Touggourt, Biskra, Tolga et même dans le Tassili.

En 2002, l'espèce *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) est importée d'Egypte et introduite en Algérie dans le cadre de la promotion de la Tilapiculture en zone Saharienne.

En 2004, le tilapia rouge *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mossambicus* ou tilapia hybride, est implanté dans des élevages piscicoles dans les zones arides et semi-arides (Saida, Ghardaia, Ouargla).

Le tilapia n'a fait l'objet que de quelques travaux scientifiques depuis 2004 : Bouroubi et Zeghimi, 2004 ; Bouzid et Ferah, 2004 ; Bouguelane et al., 2004 ; Bentoumi et Kahil, 2005 ; Adjout et Zouakh, 2006 ; Zouakh et al., 2006.

Deux questions fondamentales en génétique des populations sont souvent posées :

- *Comment étudier la structure d'une population donnée ?*
- *Comment comparer plusieurs espèces entres elles ?*

Le plus souvent, ces interrogations sont expliquées par les effets du polymorphisme. Cependant la variabilité génétique d'une espèce ne peut être analysée uniquement à partir d'observations dans la nature, à cause des effets de l'environnement sur le phénotype (taille, coloration, morphologie,...). Par conséquent, le choix de méthodes adéquates permettant d'estimer ce polymorphisme sans trop d'ambiguïté devient une nécessité.

Dans le but de la différenciation (morphologique et génétique) de ces trois Cichlidés su-cités ; nous avons procédé pour la première fois en Algérie à la mise au point d'un protocole de l'extraction de l'ADN génomique à partir des organes et du sang de ces poissons.

Nous avons essayé d'appliquer une analyse morphométrique en appliquant des méthodes statistiques ; simples (moyennes, indices, ...) et complexes (analyse multivariée), pour arriver à décrire la différenciation morphologique entre *Tilapia zillii*, *Oreochromis niloticus* et *Oreochromis niloticus* x *Oreochromis mossambicus*.

*CHAPITRE PREMIER*  
*DONNEES GENERALES*

Avec la découverte de nouvelles espèces, le nombre des Tilapias a fortement augmenté, ce qui a conduit les systématiciens à revoir régulièrement la taxonomie de ce genre qui rassemble actuellement plus de 90 espèces (Pouyaud et Agnèse, 1995).

Trewavas (1966, 1980, 1982*a, b* in Pouyaud et Agnèse, 1995) a divisé les Tilapias en trois genres ; en se basant sur les caractères méristiques, morphométriques et éthologiques :

- *Tilapia* Smith, 1840 :  
Pondeurs sur substrat avec une garde biparentale,
- *Sarotherodon* Ruppell, 1852 :  
Incubateurs buccaux et une garde biparentale ou uniparentale,
- *Oreochromis* Gunther, 1859 :  
Incubateurs buccaux et une garde uniparentale ; maternelle.

Pouyaud (1994) a confirmé cette division en étudiant la variabilité génétique de plusieurs espèces de tilapias. Cette classification est utilisée par la plupart des auteurs.

Les Cichlidés sont des poissons écailleux. Ils ont une bouche protractile, pas de dents au palais, un opercule bien développé. La nageoire est continue et composée d'une partie antérieure épineuse et d'une partie postérieure molle. On observe deux lignes latérales incomplètes sur les côtés (Karaïem, 1983)

## **1. Le tilapia gris (*Oreochromis niloticus*)**

*Oreochromis niloticus* représente l'espèce du tilapia la plus utilisée en aquaculture, plus de 80% de la production totale des tilapias (Kocher, 2004)

### **1.1. Systématique**

Selon la classification de Trewavas (1981 in FAO, 1989), le tilapia gris appartient à :

<b>Règne</b>	:	Animal
<b>Sous règne</b>	:	Métazoaires
<b>Phylum</b>	:	Chordataires
<b>Sous-Phylum</b>	:	Craniataires
<b>Embranchement</b>	:	Vertébrés
<b>Super-Classe</b>	:	Gnathostomes
<b>Classe</b>	:	Ostéichtyens
<b>Sous-classe</b>	:	Actinoptérygiens
<b>Division</b>	:	Téléostéens
<b>Ordre</b>	:	Perciformes
<b>Famille</b>	:	Cichlidae
<b>Genre</b>	:	<i>Oreochromis</i>
<b>Espèce</b>	:	<i>niloticus</i> (Linnaeus, 1758)

## 1.2. Caractères morphologiques

*O. niloticus* est caractérisé par un corps latéralement comprimé. Il est de couleur grisâtre avec des flancs rosâtres et une alternance de bandes verticales claires et noires nettement visibles sur la nageoire caudale et la partie postérieure de la nageoire dorsale (fig. 1). Le nombre des épines dorsales est de 16 à 18. Le nombre des rayons mous est de 12 à 13. Il possède 25 à 27 microbranchiospines sur le premier arc branchial.



**Figure1 :** *Oreochromis niloticus* (Mai, 2008)

### **1.3. Reproduction**

*Oreochromis niloticus* est connu pour sa maturité sexuelle précoce qui peut intervenir dès 0 - 04 mois dans certains élevages ; des individus de 30g et de 8cm peuvent se reproduire. L'âge précoce de la reproduction, la courte période de latence réfractaire entre les pontes (6 à 11 pontes par an), de même que sa robustesse fait de lui un élément intéressant pour la reproduction contrôlée (Baroiller et Jalabert, 1989).

C'est une espèce nidificatrice, une fois les œufs fertilisés, la femelle les reprend dans sa cavité buccale pour les incuber et les garder pendant la durée d'incubation.

Dans les élevages intensifs, la production d'alevins de *Oreochromis niloticus* est typiquement réalisée en utilisant des géniteurs préalablement stockés et conditionnés, en récupérant les œufs fécondés des bouches des femelles et les incuber dans des dispositifs artificiels (Fessehayé, 2006).

### **1.4. Ecologie et comportement**

De nombreuses études de terrain et de laboratoire montrent que le tilapia gris est relativement euryèce et eurytope; adaptée à de larges variations des facteurs écologiques du milieu aquatique.

Le régime alimentaire : *Oreochromis niloticus* en milieu naturel est essentiellement phytoplanctonophage. Toutefois en milieu artificiel, cette espèce est pratiquement omnivore,

valorisant divers déchets agricoles, acceptant facilement des aliments composés sous forme de granulés (Lazard, 1990), ses capacités d'adaptation à divers aliments et déchets est phénoménale et est à la base de sa haute potentialité pour la pisciculture.

## **2. le Tilapia hybride ; *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) X *Oreochromis mossambicus* (Peters, 1852)**

Le croisement entre *Oreochromis niloticus* mâle et *Oreochromis mossambicus* femelle donne un hybride intermédiaire rouge par albinisme. Sa couleur et sa rapidité dans la croissance offrent un effet attractif certain, tant sur les marchés locaux qu'en aquariologie (Arrignon, 1998).

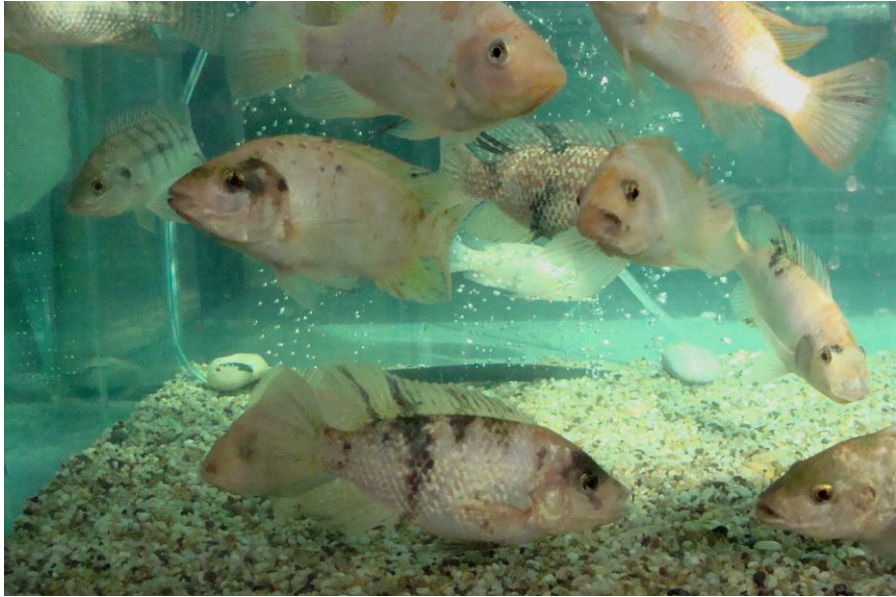
La biologie et l'écologie du tilapia rouge sont peu citées dans la bibliographie (Medeiros et al., 2007)

### **2.1. Systématique**

**Famille** : Cichlidae  
**Genre** : *Oreochromis*  
**Espèce** : *niloticus* ♂ (Linnaeus, 1758) X *mossambicus* ♀ (Peters, 1852)

### **2.2. Caractères morphologiques**

Le tilapia rouge a un corps comprimé, avec une teinte soit de couleur grise, albinos, rose, rouge-orange (Moralee et al., 2000), et des fois ayant des taches grises sur la poitrine (fig. 2). Dans la plus part des cas, les caractéristiques du tilapia rouge sont morphologiquement intermédiaires (forme du museau, la largeur de la bouche, longueur tête...) entre les espèces utilisées dans ce croisement.



**Figure 2 :** Le tilapia hybride *Oreochromis niloticus* ♂ X *Oreochromis mossambicus* ♀ (Mai, 2008)

### 2.3. Reproduction

Le tilapia hybride est un Cichlidé fertile, territorial, incubateur buccal, et est très agressif pendant la saison de reproduction.

Medeiros et *al.*, (2007) ont pu démontrer que les comportements de la reproduction du tilapia hybride *Oreochromis niloticus* X *Oreochromis mossambicus* sont identiques à ceux décrits précédemment chez l'espèce parentale *O. niloticus*.

### 2.4. Ecologie et comportement

Plusieurs auteurs (Watanabe, 1989 ; Doudet, 1991 ; Balcázar et *al.*, 2003 et Lai et Yang, 2003) signalent que le tilapia rouge est actuellement un élément intéressant pour l'aquaculture en eau saumâtre et en eau de mer. Sa croissance est plus rapide en eau saumâtre à 17 ‰ et en eau de mer 37 ‰ qu'en eau douce (le taux de conversion d'alimentation dans l'eau douce). Comme ils constatent une inhibition des comportements reproducteurs aux fortes salinités.

Les hybrides supportent mieux les manipulations, les grandes densités qui peuvent aller jusqu' à 400 poissons /m<sup>3</sup> (Balcázar et *al.*, 2003) en cages flottantes, avec une bonne croissance, et coût de production réduit. Aussi, comparé aux deux espèces dont il est issu, le tilapia hybride a une plus grande taille, une meilleure croissance, une meilleure chair et une meilleure tolérance aux basses températures (Lai et Yang ,2003)

Le tilapia rouge est également omnivore, et est fortement résistant aux maladies (Medeiros et *al.*, 2007).

## 3. Le *Tilapia zillii*

### 3.1. La systématique

Selon la classification de Fish base le *Tilapia zillii* appartient :

Famille : Cichlides  
Genre : *Tilapia*  
Espèce : *zillii* (Gervais, 1848)

### 3.2. Caractéristiques morphologiques

Corps allongé latéralement comprimé, avec une nageoire dorsale longue, épines dorsales sont au total entre 13 - 16. La taille maximale est voisine de 300mm (Le Berre, 1989), Les mâles sont en règle générale plus grands que les femelles (Daget et Durand, 1981).

Selon la description de Pelegrin (1921) ; le profil supérieur est droit ou un peu concave. Les écailles sont généralement cycloïdes. Les épines de la dorsale sont croissantes. La nageoire caudale est tronquée, parfois un peu arrondie. La coloration est olivâtre, brunâtre ou grisâtre, avec 7 ou 8 barres foncées. Avec une tache noire operculaire (fig. 3)

En période de reproduction, les bandes sombres des flancs sont bien visibles sur le fond vert olive, la gorge et le ventre sont rose ou rouge vif, la tête est bleu tacheté de vert. Les femelles ont une coloration moins intense que celle des mâles et représente deux tâches laiteuses à la base de la dorsale (Loiselle, 1977 in Le Berre, 1989). La femelle est plus petite et a un aspect moins robuste que le mâle.



**Figure3 :** *Tilapia zillii* pêché dans la wilaya d'El oued (Avril, 2008)

### **3.3. Reproduction**

La saison de frai commence quand la température de l'eau atteint environ 20 ° C, dans des conditions optimales, les espèces peuvent se reproduire tout au long de l'année.

*T. zillii* est un pondéur sur substrat ; l'ovulation est accompagnée par la production d'une substance collante (probablement mucopolysaccharidique) déposée sur des filaments et permettent aux œufs d'adhérer entre eux et au substrat .Les larves se développent étroitement liées au substrat (Leveque et *al.*, 1988).

*Tilapia zillii* est prolifique : les pontes sont de plusieurs milliers d'œufs et la périodicité est également en fonction de la température de l'eau et peut atteindre le rythme d'une ponte par mois (pour une température de 22°C) (EL. Sayed, 2007).

### **3.4. Ecologie et comportement**

*Tilapia zillii* est l'espèce du tilapia la plus tolérante à la salinité. (36 – 45 ‰) (El- Sayed 2006).

Le régime alimentaire du *T. zillii* est à base de larves d'insectes, zooplancton, algues du substratum, petits crustacés et mollusques, œufs et petits poissons, débris végétaux et macrophytes. (Levèque et *al.*, 1988). Ils sont largement introduits dans des eaux chaudes pour contrôler des mauvaises herbes.

### **Remarque**

Une fécondité élevée avec une périodicité de fraie relativement grande, un taux de croissance médiocre et un intervalle de température optimale de croissance ont fait du *Tilapia zillii* un mauvais élément pour l'aquaculture. (Levèque et *al.*, 1988 ; El Sayed, 2006 et George, 2006).

## **4. Techniques de biologie moléculaire appliquées en génétique des populations**

Plusieurs techniques sont appliquées dans l'étude de la génétique des populations, mais deux sont les plus utilisées :

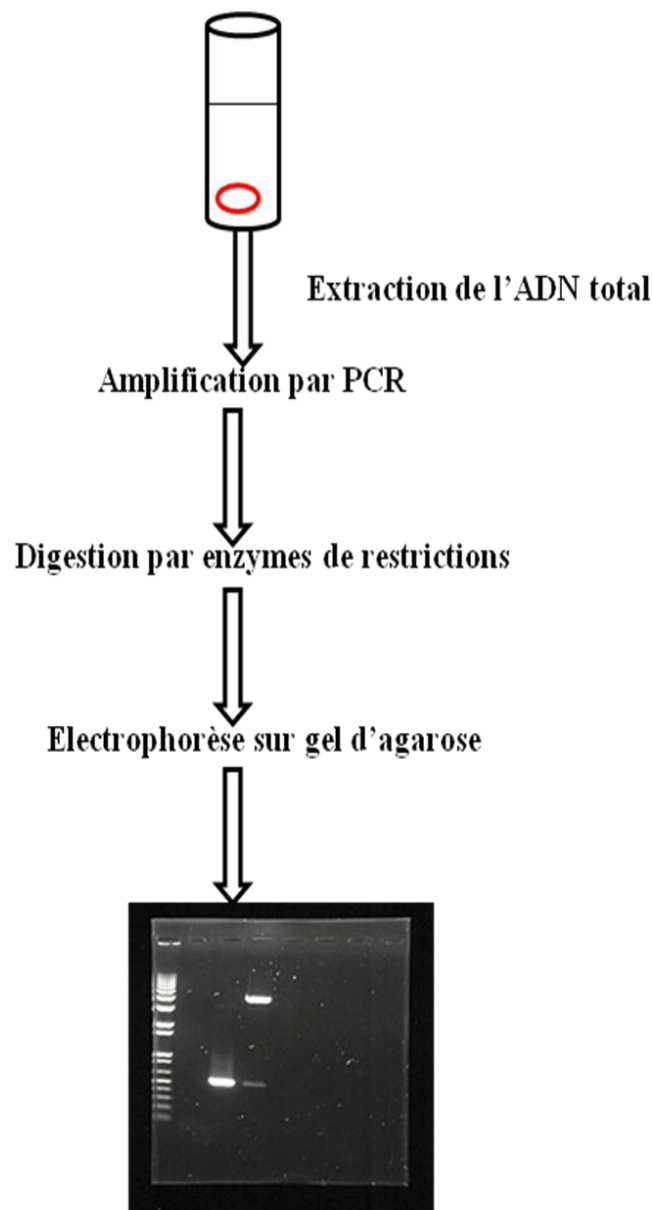
### **4.1. L'analyse des molécules par les enzymes de restrictions (RFLP)**

La technique de polymorphisme de longueur des fragments de restriction (de l'anglais Restriction Fragment Length Polymorphism) (fig. 4), Consiste à analyser l'ADN à travers la présence ou l'absence de sites de restriction ; par la recherche du polymorphisme.

C'est une technique simple et permet l'analyse d'un grand nombre d'individus. Elle permet les études de diversité, avec les analyses de structuration intra ou interpopulation, le criblage de variant dans les populations, l'identification variétale, la construction de cartes de liaisons génétiques, etc...

C'est en 1998 que Kocher et *al.* ont publié une carte génétique du génome du Tilapia (*Oreochromis niloticus*) en utilisant des marqueurs génétiques issus de la technique de *polymorphisme de longueur des fragments de restriction*

Cette technique a une grande importance dans l'étude du génome de poissons ; car elle donne accès à un nombre très élevé de marqueurs distribués le long du génome.



**Figure 4 :** Principe de la RFLP

## **4.2. Le séquençage**

C'est une technique qui consiste à déterminer l'ordre d'enchaînement des nucléotides d'un fragment d'ADN donné

Le séquençage concerne la détermination de la séquence des gènes voire des chromosomes, voire du génome complet, ce qui techniquement revient à effectuer le séquençage de l'ADN constituant ces gènes ou ces chromosomes.

Le séquençage a l'avantage d'être plus fin puisqu'il permet effectivement d'observer les différences et non pas les estimer.

*CHAPITRE II*  
*MATERIEL & METHODES*

## 1. Matériel biologique

### 1.1. Tilapia gris et Tilapia rouge

Les tilapias gris (*O. niloticus*) et les tilapias rouges (hybrides) nous ont été gracieusement fournis par le promoteur de la ferme aquacole FAT STEPPE (fig. 5) de Ain Skhouna, commune située sur une zone humide, (92 km au sud du chef-lieu de la wilaya de Saida) et qui fait partie du programme de développement de pisciculture en zones sahariennes.

Cette ferme a pour objectif la production de 500 T de tilapia rouge et de tilapias gris à l'horizon 2009. Ces poissons ont été importés d'Egypte le 29/08/ 2006 à raison de 500 000 alevins de 1 à 2 g dont la moitié sont des tilapias du Nil et le reste sont des tilapias rouges.



**Figure 5** : Bassins de grossissement pour Tilapia, ferme d'Aïn Skhouna, Février 2008

### 1.2. Le *Tilapia zillii*

Les échantillons du *Tilapia zillii* ont été pêchés aléatoirement le 10 et 11 avril 2008 par pêche à la ligne (fig. 6) dans deux milieux aquatiques sahariens dans la wilaya d'El Oued:

- **L'étang de Ain Ezzarga** : Situé dans la commune de Djamâa au milieu d'une palmeraie, à environ 10 km au Nord de la ville de Touggourt. l'eau y est caractérisée par une salinité de 13‰ et une température avoisinant 20°C.



**Figure 6:** Pêche à la ligne du *Tilapia zillii* dans l'étang de Aïn Ezzarga (W.El Oued), 2008

- **Oued Khrouf** (fig. 7) : Ce milieu correspond à un exutoire des eaux d'évacuation permanentes ; issues des eaux de drainage des palmeraies par excès d'irrigation et de rejets d'eaux usées des communes de Touggourt et de Djamâa (remontée de la nappe phréatique). Cet écosystème aquatique est situé en région steppique caractérisée par un climat aride. Ses eaux sont salées (12 ‰) et permanentes. La profondeur de l'Oued est de 0.5 - 1.5. Les données moyennes de 1975 à 1984 indiquent une pluviométrie moyenne de 80 mm/an et des températures variant de : Min. 4°C, Max. 47°C, Moy. 21°C (DGF, 2002)

Coordonnées géographiques de oued Khrouf

Longitude : 06° 00' et 06° 20' E

Latitude : 33° 50' et 34 ° 00' N



**Figure 7 :** Vue d'ensemble de Oued Khrouf, Avril 2008

### **Remarque**

Tous nos échantillons après leur transport dans des bacs en polystyrène équipés de pompes à air avec des blocs de congélations (pour diminuer la température), et renouvellement permanent de l'eau, ont été conditionnés dans des aquariums entièrement équipés au laboratoire d'Aquaculture de l'Institut des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du littoral (I.S.M.A.L) (fig.8).



**Figure 8 :** Conditionnement des poissons au laboratoire

## 2. Extraction de l'ADN

Les études modernes de la génétique des populations comptent de plus en plus sur les marqueurs d'ADN amplifiés par la réaction en chaîne de polymérase (Poly Chain Reaction) pour détecter les variations génétiques des populations. A cette fin, l'ADN doit être extrait des tissus.

Une fois extrait, l'ADN purifié permet les applications suivantes :

- identifier des organismes vivants ;
- classer les organismes grâce à leur profil génétique ;
- trouver des gènes responsables de certaines fonctions (ex : gènes responsables des maladies, de la croissance,...) ;
- modifier et améliorer des organismes (principe des OGM : Organismes Génétiquement Modifiés) en introduisant dans leur génome des fragments d'ADN qui ne leur appartiennent pas ;
- créer de nouveaux individus, à l'identique de l'organisme « mère », c'est le clonage (création d'organismes transgéniques).

L'extraction de l'ADN est une technique expérimentale permettant d'isoler l'ADN des cellules ou des tissus. L'ADN ainsi extrait, peut ensuite être utilisé pour des expériences de biologie moléculaire telles que le séquençage, la PCR ou le clonage. Il existe différents protocoles expérimentaux pour extraire l'ADN qui suivent approximativement le même schéma de principe :

- Lyse de cellules
- Elimination des protéines
- Elimination des autres acides nucléiques (ARN....)
- Concentration de l'ADN par précipitation à l'alcool.

Pour notre étude, l'extraction de l'ADN des trois espèces (*Oreochromis niloticus*, *Tilapia zillii* et le tilapia hybride) est faite à partir :

- du sang frais,
- du foie congelé et,
- de la rate à l'état frais,

## 2.1. Extraction de l'ADN génomique à partir du sang

La source majeure de l'ADN génomique dans le sang est représentée par les leucocytes ; le sang prélevé à partir des branchies est recueilli sur un tube à EDTA (Ethylène-diamine-tetra – acétique).

Les échantillons de sang total peuvent être conservés à - 20°C dans des tubes anticoagulants pendant plusieurs mois. (La décongélation doit avoir lieu juste avant l'extraction de l'ADN)

L'ensemble des opérations est effectué dans des conditions stériles. Cette extraction qui consiste en l'élimination des substances indésirables (Protéines, contaminants, ARN, sels,...) aboutit à un ADN pur.

Nous avons extrait l'ADN génomique en utilisant la méthode standard au phénol – chloroforme. Cette méthode permet d'obtenir quelques centaines de microgrammes d'ADN sous forme de fragments d'une taille supérieure à 20 Kb, ce qui est suffisant aussi bien en quantité qu'en qualité pour les études envisageables.

- **Mode opératoire**

L'extraction est réalisée à partir des individus de *Tilapia zillii* :

1. 10 ml de sang du poisson sont prélevés sur EDTA (anticoagulant) puis transvasés dans un tube de 50 ml.
2. On ajoute une solution hypotonique SLR (Solution de lyse des globules rouges) jusqu'à 50 ml ;
3. On récupère les globules blancs après 10 mn de centrifugation à 2500 tr/mn.
4. On lave le culot avec le tampon de lyse.

On refait l'opération plusieurs fois.

5. On rajoute 100 µl de Protéinase K, pour la digestion des membranes et des protéines associées à l'ADN. Agiter sur le rotor ou à la main pendant 20 mn ;
6. On incube pendant la nuit à 37°C (l'ajout de la protéinase K permet la dégradation de toutes les structures autres que les acides nucléiques) ;
7. On ajoute 5 ml d'une solution de Phénol - Chloroforme, et on agite pendant 20 mn, cette solution permet aux molécules d'ADN de se séparer progressivement ;

8. Après centrifugation à 2500 tr /mn pendant 10mn, on récupère du surnageant, et dans un tube de 50 ml on ajoute (pour la précipitation) 20 ml d'éthanol absolu froid (Soit 2,5 V) et 1 ml d'acétate de sodium 3M (Soit 1/10V) ;

On retourne lentement le tube, une méduse apparaît ;

9. On centrifuge à 2500 tr/mn pendant 10 mn ;
10. On verse doucement le surnageant,
11. On rajoute 7 ml de la solution Ethanol – TE et on laisse décanter, puis on verse le liquide tout en gardant le culot d'ADN ;

Après l'extraction phénolique de l'ADN, on le conserve dans un tampon TE à – 20°C. il peut être ainsi conservé plus d'un an.

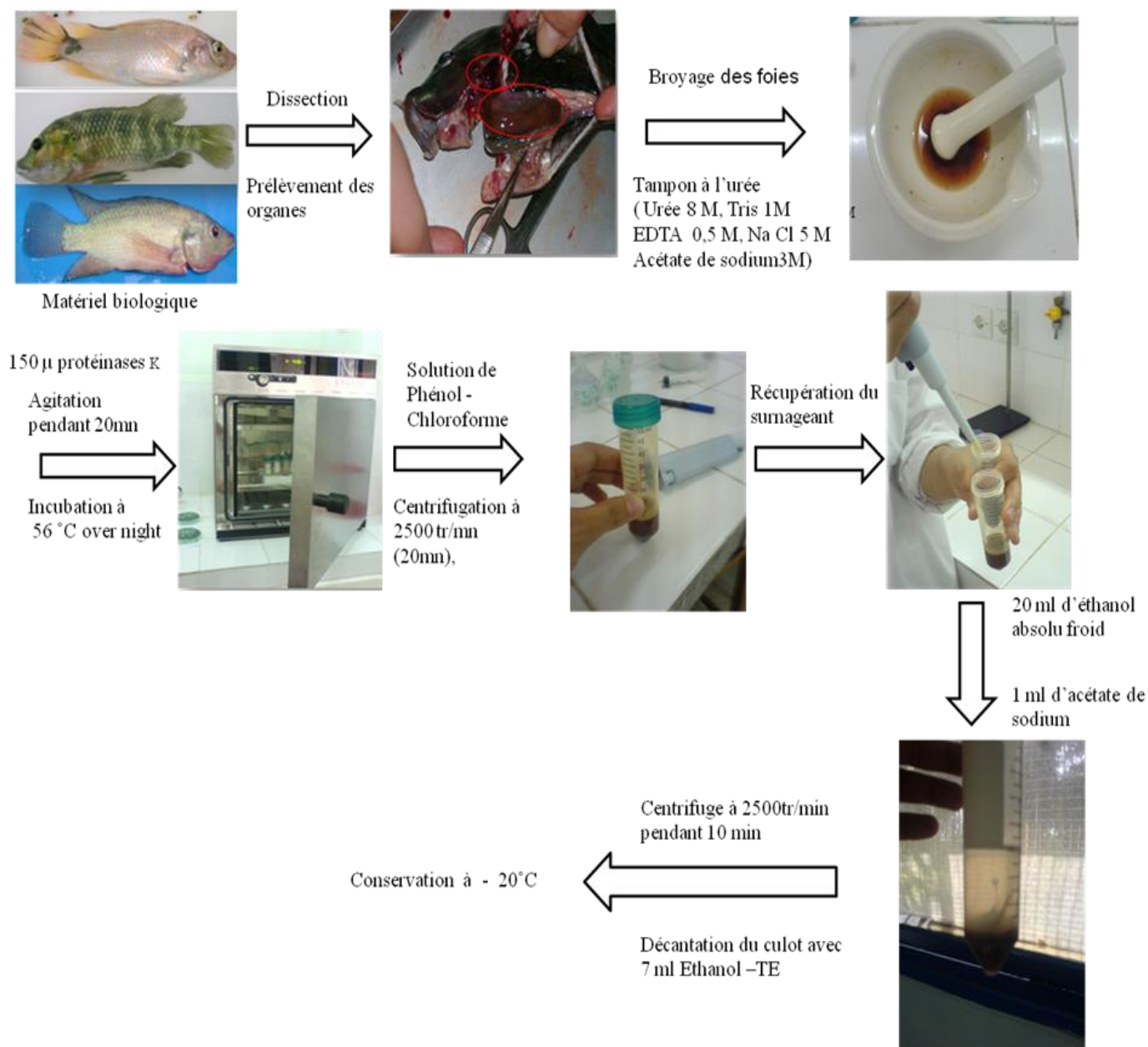
### **Remarque**

Le détail des différentes solutions que nous avons utilisées dans les extraction de l'ADN sont résumées dans l'annexe 1.

## **2.2. Extraction de l'ADN génomique à partir des organes (rate et foie)**

- **Mode opératoire**

Les principales étapes de l'extraction de l'ADN à partir du foie et de la rate des trois cichlidés (*Oreochromis niloticus*, le Tilapia hybride et *Tilapia zillii*) sont représentées dans la figure 9 :



**Figure 9:** Les différentes étapes de l'extraction de l'ADN à partir des organes du Tilapia

### **3. Contrôle de l'ADN extrait**

Deux méthodes principales sont utilisées pour estimer la qualité et la quantité de l'ADN extrait :

#### **3.1. La spectrophotométrie**

Une lecture au spectrophotomètre en ultraviolets permet d'apprécier la quantité en mesurant la densité optique à 260 nm (les bases puriques et pyrimidiques absorbent fortement à cette longueur d'onde).

Le rapport de ces deux densités optiques (D.O. 260 / D.O. 280) doit être compris entre 1.7 et 2.0 traduisant ainsi la pureté de l'ADN :

Un rapport plus élevé indique une contamination par les ARN

Un rapport inférieur indique une contamination par les protéines.

Une D.O. (260 nm) = 50ng / $\mu$ l pour l'ADN simple brin

(D.O : densité optique)

#### **3.2. L'électrophorèse**

La qualité d'ADN doit être appréciée avant toute utilisation ultérieure et ne doit pas être dégradée. L'électrophorèse permet donc de séparer des molécules de charges électriques différentes.

Les acides nucléiques sont des macromolécules chargées négativement et ne migrent qu'en fonction de leur poids moléculaire et de la concentration du gel ; partant de l'hypothèse que des molécules portant plus de charges doivent migrer plus vite que celles en portant moins.

Deux types de gel peuvent être utilisés :

- Le gel de polyacrylamide : utilisé pour séparer des fragment d'ADN génomique dont les fragments sont de taille de 0.2 – 50 kb.
- le gel d'agarose : la migration de l'ADN est horizontale vers l'anode. La présence du bromure d'éthidium permet ainsi d'estimer la quantité d'ADN extraite mais également sa qualité.

### **4. Analyse génétique**

Généralement, l'extraction de l'ADN génomique est suivie d'une analyse moléculaire. Mais vu le manque des moyens, nous nous sommes limité à la mise au point de la technique d'extraction de l'ADN à partir du sang et des organes des poissons.

## 5. Analyses morphométriques

### 5.1. Introduction à la morphométrie appliquée aux poissons

L'objectif de la morphométrie est la description quantitative, l'analyse et l'interprétation des variations de taille et de forme qui sont observées chez les êtres vivants (Rohlf, *in* Fermon, 1996). C'est l'approche la plus utilisée en taxonomie puisqu'elle permet de caractériser les différences entre groupes d'individus

La démarche la plus classique dans toute étude sur la base des critères morphométriques, est d'effectuer un relevé de valeurs de plusieurs variables quantitatives et / ou qualitatives quelconques (longueurs, dénombrement des rayons,...) sur un échantillon d'individus appartenant à une même espèce ou à des espèces différentes, et de réaliser par la suite une analyse de données afin d'accéder à l'information nécessaire permettant une interprétation plausible des phénomènes génétiques ou autres qui régissent ces populations (Bouhadad, 1998).

### 5.2. Identification des variables morphométriques.

La sélection des variables porte sur deux types de critères :

#### 5.2.1. Les critères métriques

Ces caractères consistent, à des mensurations de certaines parties du corps.

#### 5.2.2. Les critères méristiques

Les caractères et les variations méristiques ont été employés comme outil de base pour montrer et séparer des populations de poissons d'espèces différentes (Jawad, 2001), ce sont des critères relativement plus stables.

Un lot de 74 individus a fait l'objet de cette analyse morphométrique :

- 14 du tilapia gris ; *Oreochromis niloticus*
- 30 du tilapia hybride ;
- 30 du *tilapia zillii*.

Cette cueillette d'information est faite à l'aide d'instruments simples et classique :

**Ichtyomètre** : Permet de mesurer la longueur standard, et la longueur totale des poissons.

**Le pied à coulisse** : Permet de mesurer les variables de petites taille (fig. 10).

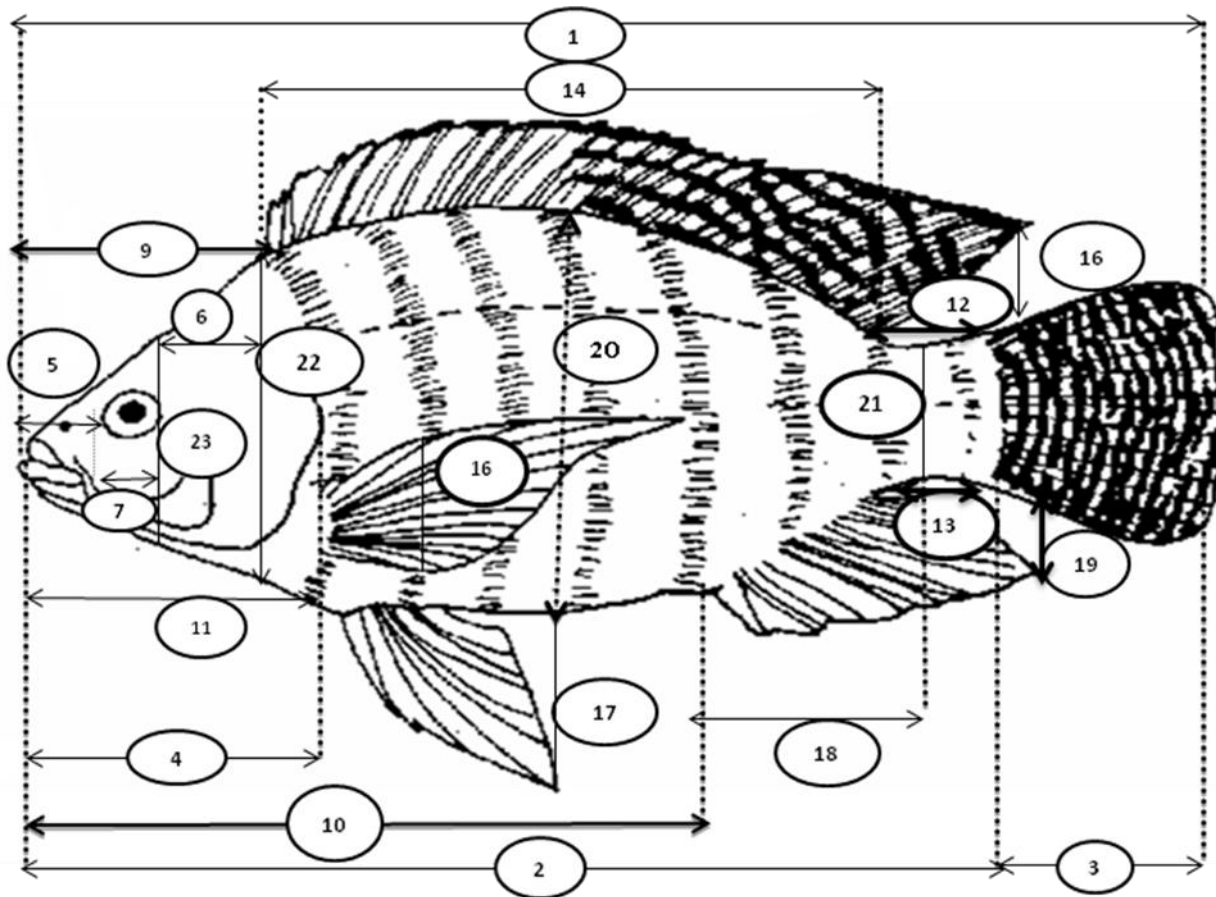


**Figure 10** : Mesure à l'aide d'un pied à coulisse

Les critères que nous avons pris en compte sont rapportés en détail dans le tableau 1 et la figure 11 (24 variables métriques et 3 méristiques)

**Tableau 1** : Numéros et abréviations des variables sélectionnées.

Numéro de la variable	Abréviation	Variable
<b>1</b>	<b>LT</b>	<b>Longueur totale</b>
<b>2</b>	<b>Ls</b>	<b>Longueur standard</b>
3	Lnc	Longueur de la nageoire caudale
<b>4</b>	<b>Lt</b>	<b>Longueur de la tête</b>
5	Lpre	Longueur pré orbitale
6	Lpo	Longueur post orbitale
7	Doe	Diamètre horizontal de l'œil
8	Dey	Distance entre les yeux
<b>9</b>	<b>Lprd</b>	<b>Distance pré dorsale</b>
10	Lpra	Distance pré anale
11	Lprv	Distance pré ventrale
12	Lpod	Distance post dorsale
13	Lpa	Distance post anale
<b>14</b>	<b>Lnd</b>	<b>Longueur de la nageoire dorsale</b>
15	Hnd	Hauteur de la nageoire dorsale
16	Hnp	Hauteur de la nageoire pectorale
17	Hnv	Hauteur de la nageoire ventrale
18	Lna	Longueur de la nageoire anale
19	Hna	Hauteur de la nageoire anale
20	Hmax	Hauteur maximale du corps
21	Hmin	Hauteur minimale du corps
22	Hor	Hauteur orbitale de la tête
23	Hoc	Hauteur occipitale de la tête
24	Nrnp	Nombre de rayon de la nageoire pectorale
<b>25</b>	<b>Nrend</b>	<b>Nombre de rayons épineux sur la nageoire dorsale</b>
<b>26</b>	<b>Nrmnd</b>	<b>Nombre de rayons mou sur la nageoire dorsale</b>



**Figure 11** : Schéma des mensurations effectuées.

## 6. Méthodes statistiques

Pour comparer nos trois espèces nous avons utilisés deux approches :

Calcul des indices des différentes mesure relevées et

L'analyse en composantes principales (ACP)

### 6.1. Calcul des indices des différentes mesures relevées

Comme la plupart des travaux de biométrie (Andreu et Pinto, 1957, Botros, et *al.*, 1970 ; Bouaziz, 2007, Omoniyi et Agbon 2008), les indices métriques des différentes mesures ont été calculés afin de comparer morphologiquement ces trois espèces. A cet effet, les caractères relevés (représentées en gras dans le tableau 1) ont été exprimés en pourcentages :

$$(L_s / L_T) * 100.$$

$$(L_t / L_T) * 100.$$

$$(D_{OE} / L_T) * 100.$$

$$(L_{nd} / L_T) * 100.$$

$$(L_{\text{prd}} / LT) * 100.$$

L'application du test de comparaison de plusieurs moyennes, basé sur l'analyse de la variance, est nécessaire afin de définir la tendance de la moyenne de ces indices entre ces trois cichlidés :

- Teste  $|t|_{\text{cal}}$  de comparaison entre deux moyennes de chaque indice calculé:

$$|t|_{\text{cal}} = \frac{|m_1 - m_2|}{\sqrt{S^2_1 / N_1 + S^2_2 / N_2}}$$

Avec :

$m_1$  et  $m_2$  : les moyennes des indices de deux espèces comparées respectivement

$N_1$  et  $N_2$  : les effectifs

$S^2_1$  : variance de l'espèce 1

$S^2_2$  : désigne la variance de l'espèce 2

$S^2$  est donnée par la formule :

$$S^2 = \frac{\sum(x_i - m_1)^2}{N - 1}$$

- Comparaison de deux moyennes quand l'un des deux échantillons est  $\leq$  à 30

$$|t|_{\text{cal}} = \frac{|m_1 - m_2|}{\sqrt{S^2 / N_1 + S^2 / N_2}}$$

Avec  $S^2$  : variance commune estimée par la formule suivante :

$$S^2 = \frac{\sum(x_i - m_1)^2 + \sum(x_i - m_2)^2}{N_1 + N_2 - 2}$$

Le  $|t|_{\text{cal}}$  doit être comparé au  $|t|_{\text{obs}}$  lu dans la table de Student pour  $ddl = N_1 + N_2 - 2 = 42$

Donc le  $|t|$  lu dans la table = 1.96 pour  $\alpha = 5\%$

## 6.2. Analyse en Composantes Principales (ACP)

Les différentes mesures recensées (Tableau 1 annexe 2) sont soumis à une ACP

Une synthèse de cette méthode est proposée par Hemida (2005) :

L'ACP est une technique permettant de réduire un système complexe de corrélations en un plus petit nombre de dimensions. La méthode des composantes principales est également appelée méthode des axes principaux : la recherche des composantes principales consiste à déterminer ce qu'on pourrait considérer comme les longueurs ou variance (valeurs propres) et les directions (vecteurs propres) des axes principaux. Pour 3 variables, les 3 axes principaux de l'ellipsoïde (qui peut être schématisé par un ballon de rugby ou un poisson) sont perpendiculaires et représentent les 3 composantes, qui sont indépendantes. Il est clair que la première composante explique la plus grande partie du système, la variance expliquée par les 2 autres composantes sera moindre. Pour plus de 3 variables on parle d'hyperplan. On définit ainsi deux espaces : celui des **individus** et celui des **caractères**. Chaque individu ayant  $p$  coordonnées, est considéré comme un vecteur d'un espace à  $p$  dimensions.

Chaque variable sera une liste de  $n$  valeurs numériques. La recherche des axes d'inertie du nuage se ramène à la diagonalisation de la matrice de corrélation. La diagonalisation ou recherche des axes de symétrie de l'ellipsoïde d'inertie et des  $n$  valeurs propres correspondantes est une étape qui fait appel à l'algèbre linéaire et au calcul matriciel. On part de la matrice complète des données ou tableau individus / caractères et on applique la technique de transposition, qui consiste à échanger les lignes par les colonnes. On effectue ensuite le produit de la matrice par sa transposée ; on obtiendra une matrice carrée symétrique d'ordre  $p$ . Si on utilise des variables centrées-réduites, cette matrice est la matrice de corrélation qui ne tient compte que de la direction des vecteurs.

On appelle valeurs propres (eigenvalues, mot anglais d'origine allemande) d'une matrice carrée  $A$  de dimension  $p * p$ , les solutions  $\lambda_i$  du déterminant de la matrice  $A$  ; ce sont les inerties expliquées par les axes du nuage de points. La valeur propre d'un axe représente le pourcentage d'inertie correspondant à une certaine quantité d'information formée par cet axe. Pour chaque  $\lambda_i$  on associe un vecteur colonne dont les scalaires représentent les coefficients des différentes variables sur l'axe considéré ; ces vecteurs propres permettent de retrouver les coordonnées des individus sur les nouveaux axes.

L'extraction des composantes principales avec une rotation de maximisation de la variance (varimax) de l'espace original de la variable a été réalisée à l'aide du logiciel *STATISTICA 5.1*, version française (Statsoft, 1997).

*CHAPITRE III*  
*RESULTATS & DISCUSSIONS*

## **1. Extraction de l'ADN**

### **1.1. Le rendement**

- La méduse d'ADN formée lors de l'extraction à partir du foie congelé est moins importante que celle obtenue par l'extraction à partir du foie frais. Cela signifie que la quantité d'ADN obtenue est plus importante dans le cas du foie frais.
- La quantité d'ADN obtenue à partir du sang est relativement basse. Cela pourrait être dû à la quantité du sang utilisée.
- La méduse formée lors de l'extraction à partir de la rate est plus importante comparativement à celle obtenue par l'extraction à partir du foie.

Une étude minutieuse sur une rate et un foie frais ainsi qu'une quantité plus importante de sang apporterait sans doute de meilleurs résultats.

### **1.2. L'analyse génétique**

La génétique est une approche indirecte qui s'intéresse à un matériel qui peut garder en mémoire des événements qui ont touché aux populations ; elle permet donc d'avoir accès à une information temporelle que l'observation directe ne permet pas d'obtenir.

Par faute de disponibilité du matériel nécessaire, on s'est limité seulement à l'élaboration du protocole de l'extraction de l'ADN.

Nous n'avons pas pu effectuer une analyse moléculaire fine sur l'ADN de nos poissons. Aucun laboratoire en Algérie ne dispose de ces techniques à l'heure actuelle pour l'étude de la génétique des poissons.

## 2. Analyse morphométrique

Les différentes mesures relevées sur les individus sont regroupés dans le tableau 1 (Annexe 2)

### 2.1. Calcul des rapports morphométriques

Les indices morphométriques de cinq variables métriques ont été calculés pour les 3 espèces de tilapia. Les résultats obtenus figurent dans le tableau 2 et mettent en évidence les faits suivants :

- Nous pouvons constater que toutes les moyennes de ces indices chez *Tilapia zillii* sont dans la plupart des cas supérieures à celles des deux autres espèces.

**Tableau 2** : Fluctuation des moyenne des indices morphométriques entre les trois tilapia

Esèces Rapport morphométrique	<i>Tilapia zillii</i>	<i>Tilapia hybride</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>
100· Ls / LT	m = 83,258 ± 0,458	m =81,190 ± 0,507	m =81,637 ± 0.515
100 · Lt / LT	m = 28,472 ± 0,512	m =26,593 ± 0.493	m =28,005 ± 0.958
100·Doe / LT	m = 5,9781 ± 0,282	m =5,367 ± 0.185	m =6,773 ± 0.402
100·Lprd / LT	m = 33,325 ± 0,845	m =29,919 ± 0.626	m =30,454 ± 0.879
100·Lnd / LT	m = 44,883 ± 1,172	m = 42,958 ± 1.767	m =43,878 ± 1.046
Effectif	N = 30	N = 30	N = 14

Les moyennes obtenues sont relativement différentes entre ces trois espèces, cela peut être dû aux erreurs de mesure ainsi qu'à leur origine : le tilapia gris et l'hybride originaires d'Egypte, et *T.zillii* originaire du milieu naturel du Sud algérien.

Afin de différencier :

- Le Tilapia hybride du *T.zillii*, on pourrait considérer : Ls / LT, Lt / LT, Lprd / LT, Lnd / LT
- Le Tilapia zillii et *O.niloticus*, on pourrait se baser sur les rapports : Ls / LT, Lprd / LT
- Le Tilapia hybride et *O.niloticus*, on pourrait se limiter à : Lt/LT, Doe/LT, Lprd/LT, Lnd/LT.

Afin de confirmer ces résultats un test comparaison a été calculé.

## 2.2. Caractères méristiques

- Les résultats consignés dans le tableau 3 indiquent que la moyenne des rayons de la nageoire pectorale ne montre pas de variations notables entre ces trois espèces. Nous pouvons conclure que ce caractère ne fournit pas d'indications pertinentes dans la différenciation de ces trois espèces.
- Par contre, le second caractère méristiques considéré (nombre des épines dorsales) est différent pour chacune des trois espèces (14,43 ; 16,36 et 17,07).

Tableau 3 : Fluctuation de la moyenne des caractères méristiques

<b>Espèce</b> <b>Caractère</b>	<i>Tilapia zillii</i>	<b>Tilapia hybride</b>	<i>Oreochromis niloticus</i>
<b>Nrnp</b>	M =13,466 ± 0 .262	m = 12,933 ± 0.310	m =13,214 ± 0.510
<b>Nrend</b>	M =14,433 ± 0.242	m = 16,366 ± 0,198	m =17,071 ± 0.139
<b>Effectif</b>	N = 30	N = 30	N = 14

Afin de confirmer ces résultats un test comparaison a été calculé.

## 2.3. Calcul du test de comparaison

L'application du test de comparaison de plusieurs moyennes, basé sur l'analyse de la variance, (tab.4) est nécessaire afin de définir la différence des moyennes de ces caractères retenus pour différencier ces trois espèces

**Tableau 4** : Test de comparaison entre les trois espèces

<b>Indice</b> <b>Espèces</b>	100* Ls /LT	100*Lt /LT	100*Doe/LT	100*Lprd/LT	100*Lnd /LT	Nrend	Nrnp
<i>T. zillii</i> et le tilapia hybride	<b>5.930</b>	<b>5.170</b>	<b>3.539</b>	<b>6.342</b>	<b>2.776</b>	<b>2,56</b>	1,6
<i>T. zillii</i> et <i>O. niloticus</i>	<b>3.302</b>	<b>3.705</b>	<b>3.084</b>	<b>4.08</b>	1.05	0.954	1,2
<i>O. niloticus</i> et le tilapia hybride	1.063	<b>7.477</b>	<b>7.48</b>	0.955	0.668	1.446	0.9

Le test ItI calculé a été comparé à 1.96 de la table de Student , les différences significatives sont indiquées en gras dans le tableau 4.

En plus des caractères morphologiques, les caractères métriques et méristiques suivants sont à retenir pour différencier :

- *T.zillii* et l'hybride ; tous les caractères relevés sont à retenir.
- *T.zillii* et *O.niloticus* les rapports Ls / Lt, Lt /LT, Doe/LT, Lprd/LT sont à prendre en considération.
- *O.niloticus* et tilapia hybride ; seul les rapports Doe/LT, Lt /LT peuvent les discriminer.
- *O. niloticus* et le tilapia hybride se révèlent assez proches, alors que quelques individus du tilapia hybrides et du *T. zillii* se détachent nettement ;
- En outre, les rapports numériques Lt /LT et Doe/LT présentent une réelle valeur dans la taxonomie et la différenciation de ces trois souches.

Ces trois tilapia n'ont pas fait l'objet d'une étude de variation morphométrique en Algérie. Les références sont peu ou pas existantes et ne permettent aucune comparaison entre elles.

- Il est à noter que le faible effectif de *O. niloticus* (n=14) augmenterait le risque d'erreur.

Une analyse plus fine tenant compte de toutes les variables de ces trois espèces permettra de mieux comprendre cette différenciation.

### 2.3. L'analyse en composantes principales

La matrice traitée par le logiciel STATISTICA Ver. 5.1 (tab.1 annexe 2), se compose de 25 variables et 74 observations (individus toute espèce confondue). Le tableau 5 nous donne la part d'inertie expliquée pour chaque axe factoriel qui est égale au rapport de la valeur propre k à la variance totale

**Tableau 5** : Valeurs propres des trois facteurs obtenus (pour les trois Tilapia)

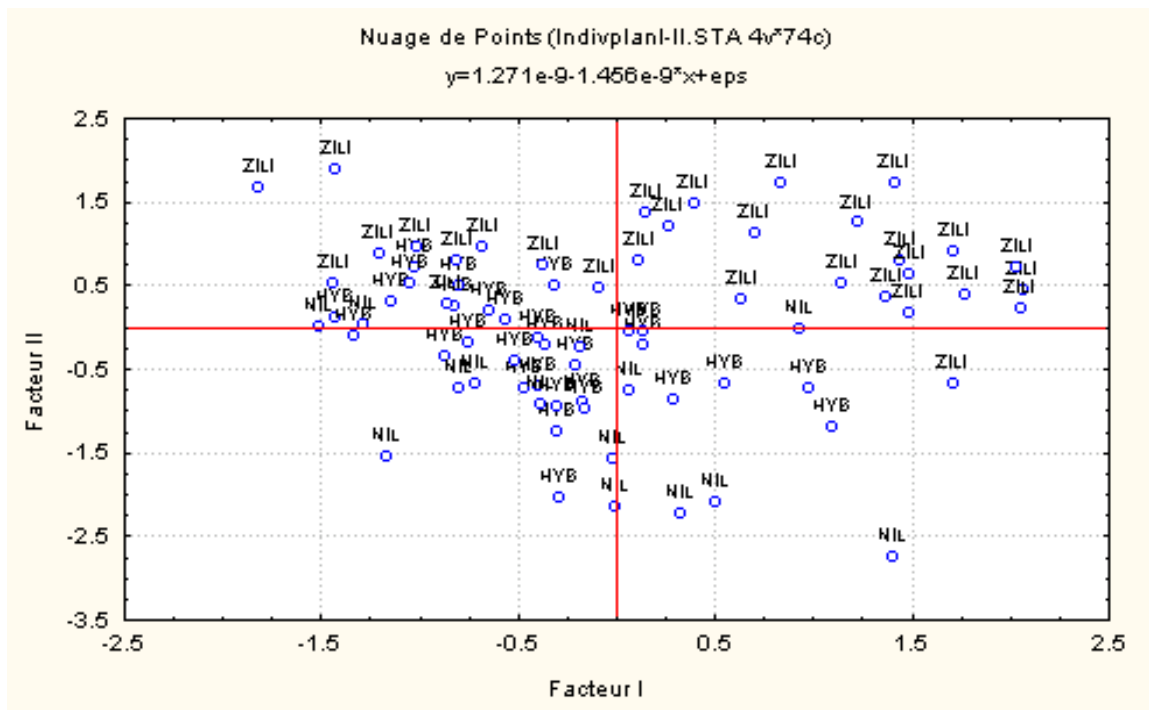
Facteurs	Valeur Propre	Variance % Total	Valeurs Propres cumulées	% Cumulé
I	18,78	75,15	18,78	75,15
II	1,66	6,64	20,44	81,79
III	1,00	4,02	21,45	85,82

Les coefficients de corrélation entre les variables initiales et les axes principaux (tab.6 et fig.12) mettent en évidence les contributions de chacune de ces variables dans la construction de ces axes. Les deux premiers axes (Tab. 5) expliquent plus de **70 %** de l'information. Nous nous bornerons donc au plan principal I et II pour les variables et les individus.

**Tableau 6** : Contribution des variables à la formation des axes I, II et III (méthode d'extraction : Varimax brut) (3 espèces du tilapia)

Variables initiales	Facteur (composante principale)		
	I	II	III
LS	<b>0,88</b>	0,05	0,11
LNC	<b>0,86</b>	-0,28	0,09
LT	<b>0,98</b>	0,04	0,14
LPRE	<b>0,96</b>	-0,02	0,11
LPO	<b>0,93</b>	0,11	0,15
DOE	<b>0,86</b>	-0,06	0,13
DEY	<b>0,89</b>	-0,22	0,14
LPRD	<b>0,95</b>	0,14	0,17
DPRA	<b>0,96</b>	0,13	0,11
LPRV	<b>0,96</b>	-0,01	0,12
LPOD	<b>0,92</b>	0,28	0,11
LPA	<b>0,90</b>	0,26	0,10
LND	<b>0,96</b>	0,09	0,02
HND	<b>0,86</b>	-0,23	0,17
HNP	<b>0,90</b>	0,16	0,14
HNV	<b>0,74</b>	0,14	0,21
LNA	<b>0,92</b>	-0,17	0,01
HNA	<b>0,80</b>	-0,24	0,09
HMAX	<b>0,90</b>	0,20	0,05
HMIN	<b>0,95</b>	0,12	0,17
HOR	<b>0,97</b>	0,13	0,15
HOC	<b>0,95</b>	0,16	0,16
NRNP	<b>0,19</b>	0,01	0,90
NREND	-0,23	<b>-0,73</b>	-0,43
NRMND	-0,05	<b>-0,74</b>	0,26
Var Expl	18,33	1,70	1,43
Prp. Tot	0,73	0,07	0,06





**Figure 13** : Projection des individus des trois espèces du tilapia dans le plan factoriel I-II

La projection des individus (tab. 2 annexe 2) dans le plan I-II, sépare quelques individus de *Tilapia zillii* (fig. 13) par les dimensions relatives aux caractères métriques. Cela pourrait aussi être expliqué par le dimorphisme sexuel, l'habitat et l'origine.

Le tilapia hybride et *niloticus* se regroupent dans une même zone :

On remarque très bien sur le plan I-II et sur le facteur I que :

1. hormis quelques individus, la population (*T. zillii*) se distingue nettement des deux autres Tilapias (*O. niloticus* + hybride) ; cela s'explique par les différences morphologiques entre les deux groupes de Tilapia ;
2. les populations (*O. niloticus* + hybride) se chevauchent sur l'axe I ; cela signifie que le degré de ressemblance entre le tilapia rouge et le tilapia gris est élevé. En effet, cet hybride est issu du croisement *Oreochromis mossambicus* X *Oreochromis niloticus*. Donc, il est évident que l'hybride se rapproche de l'espèce parentale. Un résultat similaire a été observé par Medeiros et al., (2007).

Quant au facteur II, il est plus explicite si l'on considère l'aspect génétique puisqu'on remarque :

1. Un individu de *Tilapia zillii* se place dans la partie négative de l'axe II, cela pourrait s'expliquer par des erreurs de mesure et de manipulation.
2. Toutefois, il est à noter que même si *Tilapia zillii* semble être différent de *Oreochromis niloticus* et du tilapia hybride, quelques individus appartenant au lot de *Tilapia zillii* sont proches de deux autres tilapias. On pourrait supposer l'existence d'une sous-population aux caractères voisins de *O. niloticus* et de l'hybride. Une étude génotypique permet de lever toute ambiguïté.

Il s'avère utile de considérer d'autres caractères biométriques, en tenant compte toutefois de l'immense tâche que représente leur collecte sur l'ensemble des échantillons. Ou envisager pour une analyse génétique.

*CONCLUSION ET  
PERSPECTIVES*

L'utilisation des caractères morphométriques, dans les études de la génétique des populations, a quelques limites ; l'inconvénient majeur, c'est que ces caractères sont génétiquement peu héritables, car soumis à l'impact de l'environnement. Un phénotype résulte de l'interaction d'une information génétique et de l'environnement. Néanmoins, l'application d'une analyse factorielle (Analyse en Composantes Principales) des caractères morphologiques nous a permis d'avoir un aperçu sur la différenciation de ces trois cichlidés qui proviennent des biotopes différents ; *T.zillii* considérée comme une espèce autochtone à nos eaux et deux autres provenant d'une ferme aquacole ; *O.niloticus* et le tilapia rouge qui sont originaires d'Egypte :

Le tilapia hybride est phénotypiquement proche du tilapia *O.niloticus*. L'existence d'un nombre d'individus de *Tilapia zillii* qui se rapproche du tilapia gris et du tilapia rouge.

Pour mieux comprendre ces différences nous, avons procédé à l'extraction du matériel génétique des ces trois tilapia par la technique phénol \_ Chloroforme. Ces extractions ont été réalisées sur des foies congelés, foies frais et sur la rate. L'extraction à partir de la rate a un rendement plus important.

Malheureusement on n'a pas pu aller loin dans cette étude, car aucun laboratoire ne dispose de ces techniques à l'heure actuelle pour l'étude de la génétique des poissons.

La problématique que l'on peut soulever et qui mériterait d'être prises en charge est la suivante :

Les souches importées d'Egypte sont elles pur ?

Le *Tilapia zillii* qui colonise nos eaux sahariennes est il réellement *Tilapia zillii*, qu'elle est la structure de cette population et qu'elle est sa potentialité en terme de l'aquaculture ?

Pour répondre à ces question, et pour permettre une gestion il serait judicieux de procéder aux techniques de biologie moléculaire tel que la PCR, la RFLP, séquençage ...

# *BIBLIOGRAPHIE*

- **Adjout H. et Zouakh D.E., 2006** - Contribution à l'étude de l'inversion sexuelle chez le Tilapia *Oreochromis niloticus* (Pisces, Cichlidae). Comm.. 3<sup>èmes</sup> Journées Franco-Tunisiennes de Zoologie, Tabarka 3-7 novembre 2006.
- **Andreu B. et Pinto J. S. (1957)**. - Características histológicas y biométricas del ovario de sardina (*S. pilchardus*) en la maduración, puesta y recuperación, origen de los ovocitos. *Invest. pesquera.*, 6, 3-38.
- **Arrignon J., 1998** - Aménagement piscicole des eaux douces. 5<sup>ème</sup> édit. Technique et documentation. Pris : 589 pp.
- **Balcázar J.L., Aguirre A., Gómez G., and Walter P., 2003** - Culture of hybrid red Tilapia (*Oreochromis mossambicus* x *Oreochromis niloticus*) in marine cages: Effect of stocking density on survival and growth, *Aquaculture*, 173: 161-170.
- **Baroiller J.F., and Jalabert B., 1989**- Contribution of research on reproductive physiology of the culture of Tilapias. *Aquat. Living Resources*, 2 : 105-116.
- **Bentoumi A. et Kahil N., 2005** - Etude expérimentale de la croissance du tilapia *Oreochromis niloticus* en fonction de la salinité et de la densité de mise en charge. Mémoire Ing., I.S.M.A.L., Alger : 49P
- **Botros G. A., El-Maghraby A. M. et Soliman I.A.M., 1970** - Biometrics studies in *Sardinella maderensis* Lowe and *Sardinella aurita* from the Mediterranean Sea at Alexandria (U.A.R.). *Bull. Inst. Oceanogr. Fisheries*, 1 : 85-128.
- **Bouaziz A., 2007** - La sardinelle (*Sardinella aurita* Valenciennes, 1847) des côtes algériennes : distribution, biologie et estimation des biomasses. *Thèse de Doctorat d'état. Option Océanographie U.S.T.H.B (Alger): 158 pp.*
- **Bouguelane d., Chetouane R. et Mekkiti I ., 2004**, Fabrication et essai de 4 formulations d'aliment pour le prégrossissement *Oreochromis niloticus*.
- **Bouhadad R., 1998** – Génétique des populations de Barbeau (Genre *Barbus* ; poissons Cyprinidae). *Thèse de Doctorat d'état. U.S.T.H.B, Alger. 158 pp.*
- **Bouroubi H. et Zeghimi M., 2004** - Etude de l'adaptation à la salinité d'un poisson d'eau douce *O. niloticus*. Mémoire d'ingénieur, U.S.T.H.B, 42p.

- **Bouid N. et Ferah S., 2004** - Recherche d'indicateurs biologiques d'exposition à des polluants .Approche expérimentale. Impact du Pbo sur la croissance du Tilapia (*Oreochromis niloticus*).
- **Dajet J. et Durand J R., 1981-** Poissons. P.687 – 771.in J.R.Durand et C.Levèque (eds). Flore et faune aquatiques de l'Afrique Shelo- Soudanienne. Tom II. Editions de l'ORSTROM, Coll. Init. Doc. Techn. 45.
- **D.G.F., 2002**– Atlas des 26 zones humides algériennes d'importance internationale. Ministère de l'Agriculture et du Développement Rural, Direction Générale des Forets, Algérie, *Edition 2002 : 89 pp*
- **Doudet T., 1991** - Possibilités d'élevage d'espèces et d'hybrides de *Oreochromis* en milieu saumâtre : expérimentations en lagune Ébrié (Côte-d'Ivoire) et revue bibliographique. *Rw, Hydrobiol. frop. 24 (4) : 335- 347.*
- **EL Sayed, A.F.M., and Fattah, A., 2006** - Tilapia aquaculture in salt water: Environment requirements nutritional Implications and Economic Potentials.*Avences En Nutricion Acuicula VIII.VIII Symposium International de Nutrition Acuicola.* Edited by Elizabeth Cruzet Suzar *et col.* Nuevo Leon, Mexico, 95-106
- **EL – Sayed A.F.M., Akel H., and Moharram S. G., 2007-** Reproductive biology of *Tilapia zillii* (GERV, 1848) from a Abu Qir Bay, *Egypt. VOL. 33 N° 1: 379-394.*
- **F.A.O., 1989** - Aquaculture production (1984-1986). F.A.O. Fisheries Circular, 815, FIDI/C815, 106 pp.
- **Fermon Y., 1996** – *Haplochromis spp* (Teleostei, Cichlidae) des zones rocheuses du Mwanza Gulf, lac Victoria, Tanzanie : structure des communautés et écomorphologie. *Thèse de Doctorat. Muséum National d'Histoires Naturelles. Orstom. Paris. 290 pp.*
- **Fessehayé Y., 2006** - Natural mating in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus L.*) Implications for reproductive success, inbreeding and Cannibalism. *Thèse de doctorat. Wageningen University. Eritrea. 152 pp.*
- **George T., 2006** - The Most Recent nomenclature of Tilapia species in Canada and the Sudan. *Bull. Aquaculture. Assoc. Canada; AA C Spec. Publ. N°10.*
- **Hadjadji N., et Toumi M.L., 2003** – Etude des différentiations espèces de Tilapia introduites en Algérie et essai de leur élevage. *Mémoire Ing., I.S.M.A.L (Alger): 112 pp.*
- **Hemida F., 2005** - Les Sélaciens de la côte Algérienne : Biosystématique des requins et des raies ; écologie ; reproduction et exploitation de quelques populations capturées. *Thèse de Doctorat d'état. Option Océanographie. U.S.T.H.B (Alger) : 390 pp.*

- **Jawad L .A., 2001** - Variation in meristic characters of a tilapian fish, *tilapia zilli* (gervais, 1848) from the inland water bodies in libya. *Abbrev.: Acta Ichthyol. Piscat.* 31 (1): 159-164.
- **Karaiem M., 1983-** Les poissons d'eau douce de Tunisie : Inventaire commenté et répartition géographique. *Bull. inst. Scient.tech. oceanogr. Pêche Salammbö.* 10 : 107 – 124.
- **Kocher T.D., Lee W.J., Sobolewska H., Penman D. and McAndrew B., 1998** - A genetic linkage map of a cichlid fish, the tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Genetics* 148, 1225±32.
- **Kocher T.D., 2004.** Adaptive evolution and explosive speciation: the cichlid fish model. *Nat Rev Genet.* 5:288 - 298.
- **Lai Q., and Yang Y., 2003** – Tilapia culture in Mainland China. Development, Asian Institute of Technology, Pathum Thani, Thailand. *Aquaculture*, 90: 123-134.
- **Lazard J., Jalabert B., et Doudet T., 1990** - L'aquaculture des tilapias du développement à la recherche. Cahier scientifique n°10. Centre technique forestier tropical département du CIRAD. 116 pp
- **Le Berre M., 1989-** Faune du Sahara 1, Poissons – Amphibiens et reptiles. Edit, RAYMOND Chabaud. Paris. 300 pp.
- **Levèque C., Bruton M.N., et Ssentengo G.W., 1988** - Biologie et écologie des poissons d'eau douce africaines . *Ed L'Orstom* .325pp..
- **Medeiros A.P.T., Chellappa S., and Yamamoto M.E., 2007** - Agonistic and reproductive behaviors in males of red hybrid tilapia, *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) x *O. mossambicus* (Peters, 1852) (Osteichthyes: Cichlidae). *Braz. J. Biol.*, 67(4): 701-706.
- **Moralee R.D., Bank F.H., and Waal B.C.W., 2000** - Biochemical genetic markers to identify hybrids between the endemic *Oreochromis mossambicus* and the alien species, *O. niloticus* (Pisces: Cichlidae) . *ISSN 0378-4738 : Water SA Vol. N° 26.*
- **Omoniyi I.T., and Agbon A. O., 2008** - Morphometric Variations in *Sarotherodon melanotheron*. (Pisces: Cichlidae) from Brackish and Fresh Water Habitats in South-western Nigeria. *West African Journal of Applied Ecology*, Vol. 12, 2008.
- **Pellegrin J., 1921-** les poissons des eaux douces de l'Afrique du Nord Français: Maroc, Algérie, Tunisie, Sahara. Mémoires de la *Société des Sciences Naturelles du, Maroc*, 216 pp.
- **Pouyaud L., 1994** - Génétique des populations de Tilapia d'intérêt aquacole en Afrique de l'ouest. Relations phylogénétiques et structurations populationnelle. *Thèse de doctorat.* . *Université de Montpellier 2.* 221 pp

- **Pouyaud L., et Agnès J.F., 1995** - Phylogenetic relationships between 21 species of three tilapiine genera *Tilapia*, *Sarotherodon* and *Oreochromis* using allozyme data. *Journal of Fish Biology* **47**, 26–38.
  
- **STATSOFT France (1997)**. STATISTICA pour Windows. StatSoft France - [www.statsoft.com](http://www.statsoft.com).
  
- **Watanabe W.O., Ernst D.H., French K.E., B.L. Olla et Wicklund R.I., 1989**- Aquaculture of red Tilapia (*Oreochromis sp.*) in marine environments state of the art. *AQUACOP IFREMER Actes de Colloque* 9 pp 487498.
  
- **Zouakh D.E., Meddour A, Adjout H., et Bouali b., 2006** – Pisciculture Saharienne en Algérie : Bilan et perspectives. *Communication 3èmes Journées Franco-Tunisiennes de Zoologie*, Tabarka 3- 7 novembre.
  
- **Zouakh D.E., Adjout H., et Bouhadad R., 2006** - Détermination de la densité optimale en fonction du taux de salinité chez un poisson d'eau douce, le *Tilapia reochromis niloticus* (Pisces, Cichlidae) ». (comm. **3<sup>èmes</sup>** *Journées Franco-Tunisiennes de Zoologie*, Tabarka 3-7 novembre 2006.
  
- [www.fishbase.org](http://www.fishbase.org)

# *ANNEXES*

## **Annexe 1 : Trompons et réactifs**

### Préparation du tampon de Lyse

- 1- Dissoudre 14g de  $\text{NH}_4\text{Cl}$  dans 1800 ml d'eau distillée.
- 2- Ajouter 0.142 g de  $\text{NH}_4\text{HCO}_3$ .
- 3- Après dissolution, compléter à 2000 ml avec eau distillée.

### Préparation du tampon PK-BUFFER

- 1- Dans une éprouvette de 500 ml, verser 2.5 ml de Tris 2M.
- 2- Ajouter 10 ml de EDTA 0.5 M.
- 3- Ajouter 50 ml de NaCl 1.5M.
- 4- Ajouter de l'eau distillée jusqu'à 480 ml.
- 5- Faire l'autoclavage puis ajouter 20 ml du SDS 10%.

### Préparation du TE (Tris – EDTA)

- 1- Dans une éprouvette de 100 ml verser 0.5 ml de Tris 2M.
- 2- Ajouter 20 ml de EDTA 0.5M.
- 3- Ajouter de l'eau distillée jusqu'à 100 ml.
- 4- Faire l'autoclavage.

### Préparation de l'ACETATE de Sodium 3M pH 7.4

- 1- Dissoudre 40.8 g d'Acetate de Sodium dans 80 ml d'eau distillée.
- 2- Ajouter le pH à 7.4 avec l'acide Acétique.
- 3- Compléter à 100 ml avec l'eau distillée puis faire l'autoclavage.

### Préparation EDTA 0.5 M pH 8

- 1- Dissoudre 43.8 g de EDTA dans 300 ml d'eau distillée
- 2- Ajouter NaOH 10N jusqu'à pH 8 (environ 40 ml)
- 3- Ajouter le volume à 500 ml avec l'eau distillée.

### Préparation de la solution Ethanol TE

Mélanger 80% d'éthanol avec 20 % du TE et garder à  $-20^\circ$

### Tris 1M PH 7.4 (51litre)

Dissoudre 121,1g de tris de base dans 1 litre d'eau distillée

L'urée 8M

Dissoudre 480g d'urée dans 1Litre d'eau

Na Cl 5M

Dissoudre 292,2 g dans 1 litre d'eau

## Annexe 2

Tableau 1 – mesures relevées sur différentes parties du corps

indi	Ls	Lnc	Lt	Lpre	Lpo	Doe	Dey	Lprd	Dpra	Lprv	Lpod	Lpa	Lnd	Hnd	Hnp	Hnv	Lna	Hna	Hmax	Hmin	Hor	Hoc	Nrnp	Nrend	Nrmnd
1	108	27	36	16	13	7	10	40	75	44	12	11	57	23	4	5	18	20	35	14	33	30	15	16	12
2	107	26	35	14	13	8	11	38	71	41	11	15	54	21	5	4	18	17	33	12	30	29	13	17	15
3	95	25	31	13	12	6	10	35	66	37	11	11	52	18	4	5	16	14	31	12	28	26	13	16	11
4	85	21	26	12	9	5	9	32	59	33	9	8	46	15	3	5	14	11	28	9	22	19	12	15	12
5	111	28	32	13	12	7	10	39	78	44	13	14	59	11	4	4	19	16	36	13	33	28	13	17	14
6	75	16	24	10	9	5	6	28	49	29	8	9	54	6	4	5	11	14	25	8	20	18	12	16	13
7	115	27	38	15	15	8	12	42	82	40	12	16	46	20	6	4	18	10	38	12	34	23	14	17	13
8	93	22	31	13	11	7	9	34	65	38	11	11	61	13	5	5	16	15	31	11	28	25	12	16	12
9	104	26	35	13	14	8	10	38	70	39	12	13	51	20	5	5	18	15	37	12	32	29	12	17	13
10	112	28	36	14	15	7	11	40	76	42	14	15	58	22	6	4,5	20	11	34	13	32	31	13	16	14
11	103	24	34	13	14	7	12	41	74	43	11	14	57	18	6	4	18	13	37	14	33	30	14	16	12
12	107	26	35,5	13	15,5	7	11	38	73	44	13	13	56	15	5	4	19	16	32,5	12	30	25	14	16	13
13	109	22	33	14	13	6	10	37	70	40	12	12,5	52	11,5	4	3,5	16	8	34	11	29	26,5	14	16	12
14	86	21	28	12	11	5	10	34	61	36	9	12	48	11	5	3,5	14	8	31,5	10	27	24	13	16	11
15	80	14	27	12	10	5	8	30	53	31	8	9,5	44	8	4	3,5	13	6	25,5	9	23	20	12	17	13
16	114	28	35	13	13,5	7,5	10	38	70	40	13,5	13	57	15	6	4	19	15	38	12	33	29	13	17	12
17	105,5	23	33	12,5	14	6,5	9	37	71	40,5	12	12	54	15	4	4	19	15	32	10,5	29	27	13	17	12
18	98	21	30	11	13	6	10	35	66	38	10,5	13	50	14	5	5	17	11	29	10	27,5	25	13	17	12
19	116,5	20,5	36,5	13,5	15,5	7,5	12	41	71,5	41,5	14	14	52,5	16	4	5	17,5	14	34	12	30	29,5	13	16	11
20	134	33	46	17	20	9	15	49,5	95,5	51	16	16	72	29	8	6	26,5	23	48	16	41,5	35	13	17	12
21	77	17	27	11	9,5	6,5	8	29	51,5	31	11	11,5	51	11	5	4	13	9	24	9	22,5	18	11	16	12
22	115	27	39	16	15,5	7,5	11,5	43	80	45	16	16	62	19	5	4	21	18	42,5	13	36	28	13	16	12
23	91	21,5	30	10	9	7	9	34	62	39	10	11	48	16	6	4	16	11,5	38	10,5	27	22	13	16	13
24	130	30	45	18	21,5	8,5	13	47	89	50	15	13,5	65,5	27	6,5	4	25	17	46	16	39	34	14	16	12
25	115	25	36	15,5	14,5	6,5	10	41	79	43	13,5	13	62,5	20	6	3	22	15	38	12	32,5	28	12	17	11
26	133,5	30	46	18	19	9	14	48	96	54	16	17	73	22	8	4	27	17	43	15	38	33	12	17	12
27	94	22,5	31	12	13	6	9,5	35	65	34,5	11	9,5	53	10,5	5	4	17	12,5	31	11	28	23,5	13	16	11
28	121	30	42	17	17	8	13,5	47	86	46	19	13	65	25	6,5	6	22	15	41	14	35	30,5	14	16	13
29	111	28	37,5	15	15	7	12	44	77	41	14	14	62	20	5	5	19	14	39	12,5	32,5	29	12	17	11
30	114	25	38	15	15	8	11,5	39	76	45	13	12	58	19	5,5	5	18	14	37	12	32	27	13	16	12
31	104	22	35	14	13	8	13	39	74	48	12	12	56	15	5,5	5	19	18	38	11	31	25	13	17	11
32	96	22	32	13	12	7	11	34,5	67	41	11	10	49	20	5	4,5	15	14	32	13	27	23	14	17	12
33	97	21	36	13,5	8,5	8,5	14	39	69	40	11,5	11	57	16	7	6,5	17,5	13	32	11	30	25	13	17	13
34	125	27	46	19	20	10	12	49	123	53	18	16	69	23	8	6,5	20	22,5	43	15	41	34,5	13	17	11
35	70	16	24	10	8	6	8	24	51	38	7	8	39	11	3	4	10	8	21,5	7,5	21	17	11	18	11
36	114	29	40	16,5	14	10	14	40	81	56	15,5	15	65	34	8	5	20	25	12	16	37	26	14	17	13
37	76	17	25,5	10	8	6,5	7,5	27	55,5	31,5	8	9	40	11	4	4	10	7	24	7,5	22,5	17,5	13	17	12
38	92	20	31	12	12	7	11	35	69	39	10	11	48	20	5	4,4	16	16	29	9,5	28	22,5	14	17	12
39	116	24	42	18	16	8	15	46	77	45	10	11	61	22,5	7	6	20	20	38	13	36	29	15	17	13
40	112	25,5	39	16,5	13	10	11,5	43	81	47,5	11	12	56	20	8	8	18	20	38	13	30	35,5	14	17	12
41	119	26	42	17	15	10	16	45	78	48	13	12	63	27	7	7	20	24	42	14	37	31	13	17	14
42	135	34	47	20	16	9	17	51	96	54	16	17	76	34	9	7	26,5	27	47	18	42	34	12	17	15
43	115	24	38	16	14	10	14	40	79	48	11	12	57,5	20	6	5	19	16	35	11	34	30	13	17	15
44	79	19	22,5	11	9	8	10	30	59	36	8	9	43	14	5	3	13	16	24	9	25	17	13	17	14

45	106	22	35	14.5	13.5	7	12.5	40	79	42	14	12	56,5	18	5.5	4	17	12	38	12.5	34	31.5	13	14	12
46	155	32	56,5	21	27	8,5	15.5	58	117	61	25	21	85	33	10	6	26	24	58	19	51	47	14	14	11
47	98	23	32	12	13	7	8	36	63	33.5	12	13	45	18.5	4	4	13	14	32.5	11.5	28	25	13	15	11
48	165	3	53	21	22	10	16	62	115	66.5	25	25	90	32	10	8	27.5	29	61	22	53	48	14	15	11
49	96	21.5	32	12	13	7	7	38	77	40	14.5	14	53	21	6	5	14	16	33	12	30	26	14	15	11
50	72	20	23,5	8.5	8.5	7,5	7	28	51	28.5	9	10	48	12	4	5	10	12	26	8.5	23	20	13	15	12
51	142	26	48	21	19	9	15	57	113	59	20	23	89	22	10	7	21	19	55	20	50	42	13	15	10
52	73	14	23,5	8.5	9	6	6	34	55.5	27	9	9	36	9.5	3	5	10	10	26	9	22	20	14	14	11
53	83	16	27	10.5	10.5	6	7	29	61	32.5	10	11	45	12.5	4.5	5.5	11.5	11	28	10	25	23	13	12	12
54	89	17	30	12.5	11	6,5	8	35	66	34	11	13	47	11.5	5.5	6	11.5	12	34	12	30	26	12	15	14
55	151	31	53	21	22	10	15	62	115	55	21	25	78	26	10.5	8.5	26.5	25	52.5	18	46	43	14	14	13
56	119,5	24	40	15	15	10	10.5	48	87	44.5	16	18	65	19	8	5.5	18	18	48	15	38	32	12	14	11
57	140	29.5	48	19	19	10	12	56	111	56	20.5	21	75	25	9	7	28.5	22	51	18	46	38	12	15	11
58	137	27	45	18	17	10	12	54	97	53	21.5	20	71	21	10	6.5	19	14	45	16.5	43.5	37	13	15	10
59	159	32	57	22	24.5	10,5	19	67	119	66.5	21.5	26	87	29	11	9	27	22.5	58	21	55.5	47	14	15	12
60	153	30	51	20	22	9	14.5	57	104	57.5	19	18	82	27	8.5	8.5	25	18	49	17	46	42	14	14	12
61	126	28	41,5	15.5	16	10	13	49	97	51	16	20	65,5	23	10	6	19	19	42.5	15	40	38	13	15	12
62	158	37	57	21	25	11	16	67	113	64	22.5	22	85	25	11	8	27.5	17	53	20	50.5	45	14	14	15
63	134	23	46	18	18	10	13	57	100	50	18	17	75	18	9	5	22	15	48	16.5	42.5	38	13	14	12
64	141	29	50	19	20	11	15	61	104	60	20	20	75	28	9	7	25	24	50	20	45	39	13	14	12
65	159	28.5	59	22	25	12	17	65	112	62	24	22	88	29	11.5	8.5	26.5	23.5	50.5	20	52	45.5	13	15	11
66	150	28	53,5	20	23	10,5	16	64	114	58	22	23	80	23.5	10	10	24	20	50	19	48	45	14	15	12
67	111	25.5	40	17	15	8	12	48	85	45	15.5	14	59	16	7	5.5	17	13	38	14	37	32	14	15	12
68	124	23	44	16	17	9	12	53	90	49	18.5	19	64	20	10	5	17	14	40	14	38	33	14	15	11
69	145	24	47	18	20	10	15	53,5	105	57	22	23	77	26	11	7	20.5	18	50	19	47	38	13	15	11
70	162	30	56	20	25	11	17	65	114	68	22	25	86	30	11	8	25	18	57	22	52	43	14	14	13
71	90	19	31,5	11.5	11	7	8.5	37	64	36.5	12	12	49	14	6	6	15	13	31	11	28	23	14	14	12
72	81	18	31	13	12	6	9	36	64	33	12	9	43	13	5	4	15	11	31	11	27	23	14	14	12
73	122	26	40	16	16	8	11	43	91	55	18.5	19	65	20	9	5	19	15	43	16	44	35	15	14	11
74	123	23	41	16	16	9,5	13	46	92	48	17	19	64	19	7	5	16	18	38	15	38.5	32	14	15	12

Individus 1 à 30 : *Tilapia hybride*

Individus 31 à 44 : *Oreochromis niloticus*

Individus 45 à 74 : *Tilapia zillii*

**Tableau 2** - Coordonnées des individus dans le plan factoriel I - II

Individus	Facteur I	Facteur II
1	-0,404	-0,701
2	-0,291	-2,021
3	-0,652	0,204
4	-1,151	0,312
5	-0,304	-1,237
6	-1,432	0,124
7	-0,304	-0,948
8	-0,565	0,107
9	-0,178	-0,894
10	-0,168	-0,957
11	-0,397	-0,106
12	-0,475	-0,729
13	-0,826	0,270
14	-1,031	0,731
15	-1,337	-0,090
16	-0,216	-0,441
17	-0,519	-0,394
18	-0,755	-0,161
19	-0,323	0,519
20	1,084	-1,180
21	-1,052	0,544
22	0,129	-0,200
23	-0,874	-0,339
24	0,550	-0,663
25	0,062	-0,038
26	0,978	-0,728
27	-0,804	0,503
28	0,285	-0,844
29	0,129	-0,043
30	-0,371	-0,212
31	-0,187	-0,220
32	-0,725	-0,660
33	-0,390	-0,921
34	0,927	-0,008
35	-1,292	0,054
36	0,323	-2,204
37	-1,522	0,013
38	-0,810	-0,726
39	-0,026	-1,566
40	0,060	-0,748
41	0,492	-2,086
42	1,403	-2,738
43	-0,013	-2,137
44	-1,171	-1,531

45	-0,373	0,760
46	1,709	0,913
47	-0,813	0,822
48	2,060	0,467
49	-0,682	0,977
50	-1,445	0,544
51	1,409	1,725
52	-1,823	1,673
53	-1,430	1,897
54	-0,867	0,302
55	1,478	0,179
56	0,389	1,486
57	1,434	0,797
58	0,835	1,746
59	2,047	0,239
60	1,143	0,550
61	0,632	0,350
62	1,700	-0,652
63	0,699	1,127
64	1,365	0,375
65	2,029	0,738
66	1,482	0,658
67	-0,092	0,491
68	0,256	1,224
69	1,217	1,260
70	1,761	0,414
71	-1,025	0,961
72	-1,210	0,899
73	0,145	1,372
74	0,109	0,800

Individus 1 à 30 : *Tilapia hybride*

Individus 31 à 44 : *Oreochromis niloticus*

Individus 45 à 74 : *Tilapia zillii*

