

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا للعلوم البحر وتهيئة الساحل

Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du  
Littoral



MEMOIRE DE FIN D'ETUDE EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME  
D'INGENIEUR D'ETAT EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : Aquaculture

Thème :

**Valorisation de la culture des vers de farine  
dans l'alimentation du Tilapia du Nil  
*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)**

Présenté par : AZIEZ Katia

Soutenu le 03/10/2017 devant le jury suivant :

|                 |                         |              |
|-----------------|-------------------------|--------------|
| M. KADA M.      | Maître Assistant A      | Président    |
| M. AIT SAIDI A. | Maître de conférences B | Promoteur    |
| Mme AMROUCHE L. | Maître Assistant A      | Examinatrice |

Promotion : 2016/2017

## REMERCIEMENTS

Au terme de ce travail, il m'est particulièrement agréable de remercier toutes les personnes qui ont d'une manière ou d'une autre contribué à sa réalisation.

Avant tout à dieu le tout puissant pour nous avoir donné le courage, la volonté et la patience pour terminer ce travail.

Qu'il me soit tout d'abord permis d'exprimer ma profonde gratitude à mon promoteur **Monsieur AIT SAIDI** qui a accepté de m'encadrer. Je le remercie infiniment pour son aide, ses orientations, sa patience et sa correction sérieuse de ce travail.

Aux différents membres de jury qui nous ont fait honneur et ont bien voulu examiner ce modeste travail.

Je remercie mes ami(e)s en particulier **Rima, Souhila, Ryadh et Yacine**, je tiens à remercier aussi **Mr Hassan** le responsable de la ferme expérimentale de l'ENSSMAL pour ses précieux conseils.

Ce travail n'aurait pas été possible sans l'appui logistique et humain du laboratoire d'Aquaculture de l'école. Que toute l'équipe trouve ici l'expression de ma profonde reconnaissance.

Un grand et vif merci à **Dr OUNAS Djoumana** pour son soutien et aide précieuse durant la réalisation de ce travail.

Je remercie mon frère **Lyes** pour son encouragement. Je remercie très spécialement **OUNAS Amina Bouchra** qui a toujours été là pour moi, pour son soutien inconditionnel, pour sa sincère amitié et confiance, et à qui je dois ma reconnaissance et mon attachement.

Je ne saurais terminer sans remercier **mes très chers parents**, qui ont toujours été là pour moi, « Vous avez tout sacrifié pour vos enfants n'épargnant ni santé ni efforts. Vous m'avez donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Je suis redevable d'une éducation dont je suis fier ».

# Table des matières

|                         |    |
|-------------------------|----|
| REMERCIEMENTS.....      | I  |
| Table des matières..... | II |
| Liste des tableaux..... | IV |
| Listes des figures..... | V  |
| INTRODUCTION .....      | 7  |

## PARTIE 1 : ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

### CHAPITRE I : TILAPIA DU NIL

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| I.1. Caractéristiques taxonomiques .....               | 10 |
| I.2. Morphologie.....                                  | 11 |
| I.3. Répartition géographique.....                     | 12 |
| I.4. Exigences écologiques .....                       | 13 |
| I.5. Régime alimentaire .....                          | 14 |
| I.6. Croissance et reproduction .....                  | 15 |
| I.7. Besoins nutritionnels d' <i>O.niloticus</i> ..... | 15 |
| • En protéines.....                                    | 15 |
| • En lipides.....                                      | 16 |
| I.8. Ration et la fréquence de nourrissage .....       | 17 |
| I.9. Cycle de vie .....                                | 18 |

### CHAPITRE II : VALORISATION DES INSECTES DANS L'ALIMENTATION DES POISSONS

|                                                                            |    |
|----------------------------------------------------------------------------|----|
| II.1. Insectes testés en alimentation des poissons.....                    | 22 |
| II.2. Utilisation des vers de farine dans l'alimentation animale .....     | 26 |
| II.3. Procédés d'utilisation des insectes pour l'alimentation animale..... | 26 |
| II.3.1. Abattage des insectes .....                                        | 26 |
| • Par congélation.....                                                     | 26 |

|                                                                                                                                                                         |           |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| • Par ébouillantage .....                                                                                                                                               | 26        |
| II.3.2. Transformation et techniques de conservation .....                                                                                                              | 28        |
| • La déshydratation .....                                                                                                                                               | 28        |
| • La friture .....                                                                                                                                                      | 28        |
| • La lyophilisation .....                                                                                                                                               | 28        |
| II.4. Risques liés à la consommation des insectes .....                                                                                                                 | 28        |
| II.5. Quelques projets d'élevage d'insectes.....                                                                                                                        | 30        |
| <br><b>PARTIE 2 : ESSAIS D'ALIMENTATION D'ALEVINS DE TILAPIA PAR LES LARVES<br/>DE VERS DE FARINE (SÉCHÉESOUCONGELÉES) ET COMPARAISON AVEC<br/>L'ALIMENT ARTIFICIEL</b> |           |
| <br><b>CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES</b>                                                                                                                           |           |
| I.1. Le matériel utilisé .....                                                                                                                                          | 33        |
| I.2. Constitution des lots et régimes alimentaires distribués .....                                                                                                     | 33        |
| I.3. Mesure de la température.....                                                                                                                                      | 34        |
| I.4. Les mesures effectuées .....                                                                                                                                       | 34        |
| I.5. Procédé de séchage et de congélation.....                                                                                                                          | 35        |
| I.6. Ration et fréquence de nourrissage .....                                                                                                                           | 37        |
| I.7. Les paramètres zootechniques et les indices calculés.....                                                                                                          | 39        |
| <b>CHAPITRE II : RESULTATS ET DISCUSSION.....</b>                                                                                                                       | <b>41</b> |
| <b>CONCLUSIONS GENERALES.....</b>                                                                                                                                       | <b>48</b> |
| <b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....</b>                                                                                                                                 | <b>50</b> |

# Liste de tableaux

## PARTIE 1

|                                                                                                                                                               |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tableau I.1</b> : Quelques critères de qualité d'eau pour la pisciculture des Tilapias.....                                                                | 14 |
| <b>Tableau I.2</b> : Résumé des besoins alimentaires en protéines.....                                                                                        | 15 |
| <b>Tableau I.3</b> : Besoins quantitatifs en acides aminés essentiels d' <i>O.niloticus</i> .....                                                             | 16 |
| <b>Tableau I.4</b> : Besoins nutritionnels, contraintes de fabrication de l'aliment et pratique de l'alimentation chez les tilapias .....                     | 17 |
| <b>Tableau II.1</b> : Insectes testés en alimentation pour poissons .....                                                                                     | 23 |
| <b>Tableau II.2</b> : Synthèse de résultats de substitution des insectes comme nutriments dans les régimes alimentaires de plusieurs espèces de poissons..... | 24 |
| <b>Tableau II.3</b> : Synthèse de résultats de substitution de <i>T.molitor</i> dans les régimes alimentaires de plusieurs espèces de poissons.....           | 27 |

## PARTIE 2

|                                                                                                                                                                                                      |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tableau I.1</b> : Constitution des lots et rations alimentaires distribuées.....                                                                                                                  | 33 |
| <b>Tableau I.2</b> : constitution des rations alimentaires.....                                                                                                                                      | 34 |
| <b>Tableau I.3</b> : Quantités d'aliment distribuées aux alevins des trois lots pendant la période expérimentale .....                                                                               | 38 |
| <b>Tableau II.1</b> : Les paramètres zootechniques obtenus chez les alevins d' <i>O.niloticus</i> recevant 3 régimes alimentaires différents. ....                                                   | 41 |
| <b>Tableau II.2</b> : Evolution du poids et taille moyens individuels des Tilapias ( <i>Oreochromis niloticus</i> ) recevant 3 régimes alimentaires différents durant la période expérimentale ..... | 43 |

# Liste de figures

## PARTIE 1

|                                                                                                                                                                       |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure I.1 :</b> Caractéristiques morphologiques spécifiques d' <i>Oreochromis niloticus</i> : Les bandes noires verticales typiques sur la nageoire caudale ..... | 11 |
| <b>Figure I.2 :</b> Caractéristiques morphologiques spécifiques d' <i>Oreochromis niloticus</i> : papilles génitales.....                                             | 11 |
| <b>Figure I.3 :</b> Répartition géographique originelle et introduction d' <i>Oreochromis niloticus</i> en Afrique .....                                              | 13 |
| <b>Figure I.4 :</b> Œufs de tilapia pendant leur développement embryonnaire.....                                                                                      | 18 |
| <b>Figure I.5 :</b> Incubation des œufs dans la cavité buccale de la femelle.....                                                                                     | 19 |
| <b>Figure I.6 :</b> Protection des larves dans la cavité buccale de la femelle.....                                                                                   | 19 |
| <b>Figure I.7 :</b> Trois larves de Tilapia de 7 mm de long environ .....                                                                                             | 19 |
| <b>Figure I.8 :</b> Alevins de Tilapia d'environ 12 mm de long au total de 10 à 12 jours après la fertilisation. ....                                                 | 20 |
| <b>Figure 1.9 :</b> le cycle de vie du Tilapia du Nil <i>Oreochromis niloticus</i> .....                                                                              | 21 |

## PARTIE 2

|                                                                                                                                                                                  |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figure I.1:</b> Pesée des alevins de Tilapia avec une balance électronique de marque LUTRON (GM-610P) .....                                                                   | 35 |
| <b>Figure I.2 :</b> Mesure de la taille des alevins de Tilapia avec un ichtyomètre.....                                                                                          | 35 |
| <b>Figures I.3 et I.4 :</b> Vers de farine mises dans l'eau bouillante.....                                                                                                      | 38 |
| <b>Figure I.5 et I.6 :</b> Vers de farine séchés et broyés.....                                                                                                                  | 38 |
| <b>Figure I.7 :</b> Vers de farine congelés à -18°C dans des sacs de congélation .....                                                                                           | 39 |
| <b>Figure II.1:</b> Évolution du poids moyen (g) des Tilapia <i>O. niloticus</i> durant la période expérimentale recevant trois régimes alimentaires (R1, R2 et R3).....         | 44 |
| <b>Figure II.2 :</b> Évolution de la taille moyenne (cm) des Tilapia <i>O. niloticus</i> durant la période expérimentale recevant trois régimes alimentaires (R1, R2 et R3)..... | 45 |

---

# INTRODUCTION

---

## INTRODUCTION GENERALE

Les poissons capturés ont été souvent une source essentielle de nourriture pour les humains, mais leur pêche sauvage a diminué mondialement d'environ 3% de 2004 à 2009 à raison de 0,5% par an (**FAO, 2010**). À l'heure actuelle, l'aquaculture joue un rôle essentiel dans le marché des fruits de mer, répondant à la demande de poisson qui ne peut pas être satisfaite avec les prises sauvages. En conséquence, durant les années 2004 à 2009, la production aquacole a augmenté de 32%, un taux de croissance d'environ 5,6% par an (**FAO, 2010**).

La farine de poisson est l'une des principales composantes de l'alimentation utilisée dans l'aquaculture. Elle est généralement ajoutée aux régimes alimentaires pour augmenter son efficacité et la croissance animale ; elle améliore également la digestion et l'absorption des nutriments (**MILE et CHAPMAN, 2006**). On estime qu'environ 30% de la capture totale de poisson est converti en farine et huile à utiliser dans les aliments pour les poissons (**OGUNJiet al.,2006**). Le pourcentage de farine de poisson utilisé pour les aliments d'aquaculture a augmenté de 10% en 1988 à environ 45% en 2002. La demande mondiale croissante et la diminution de la disponibilité des farines de poisson ont entraîné une forte augmentation du prix de la farine de poisson et, par conséquent, le coût de la production aquacole a également augmenté (**AYOOLA, 2010**). La pénurie actuelle de farine de poisson motive les spécialistes à chercher de nouvelles sources de protéines avec des valeurs nutritionnelles semblables à celles du poisson, en particulier celles ayant des contenus similaires des acides aminés essentiels (AAE), des phospholipides et des acides gras qui favorisent un développement et une croissance optimale ainsi que la reproduction (**AYOOLA, 2010**) ; ce qui permettrait à la production aquacole de se maintenir à long terme sur le plan économique et environnemental.

Parmi les sources végétales, la farine de soja est le meilleur substituant disponible en termes de teneur en protéines et de profil AAE. Cependant, il est potentiellement limitant dans les AA contenant du soufre (méthionine et cystéine) et contient des facteurs antinutritionnels tels que l'inhibiteur de la trypsine, l'hémagglutinine et les anti-vitamines (**TACON, 1993**).

En ce qui concerne les sources d'origine animale, les insectes sont une ressource renouvelable naturelle. Les études les plus récentes ont porté sur les insectes qui ont joué un rôle important dans la nutrition humaine et animale en Afrique, en Asie et en Amérique latine. A titre



d'exemple, nous citons des études menées au Nigéria (**AKINNAWO et KETIKU, 2000; BANJO et al., 2006**) et au Mexique (**RAMOS-ELORDUY, 1997; RAMOS-ELORDUY et CONCONI, 1994; RAMOS-ELORDUY et al., 1997, 2006**).

Pour évaluer le potentiel des insectes comme source alimentaire, il faut considérer d'autres avantages tels que les avantages environnementaux (**KATAYAMA et al., 2008**), leur grande diversité (70-75% des espèces animales), substances dans différents écosystèmes, avec adaptation aux différents régimes alimentaires et aussi plusieurs étapes de développement (larve, pupa, nymphe et adulte) induisant une grande variabilité dans leur composition corporelle.

Dans le contexte de recherche d'alternatives pour la substitution des farines de poisson par des insectes riches en contenu protéique, la présente étude vise à valoriser les larves de *Tenebrio molitor* (comme ressource disponible en Algérie) sous forme de farine ou congelé par leur substitution partielle à la ration alimentaire destinée à nourrir le Tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) et comparer les performances de développement de ces poissons durant 2 mois.

Le présent travail comporte les trois parties suivantes :

- Une partie bibliographique parlant en premier lieu sur la valorisation des insectes dans l'alimentation des poissons en citant quelques travaux déjà effectués et en second lieu une partie traitant des généralités sur le Tilapia *Oreochromis niloticus* .
- Une partie expérimentale dans le but de tester 2 régimes alimentaires contenant des larves de vers de farine en les comparants avec l'aliment artificiel (LE GAUESSANT) dans l'alimentation d'O. niloticus
- Une troisième partie de conclusions générales et recommandations

---

# **I. ETUDE**

# **BIBLIOGRAPHIQUE**

---

### CHAPITRE 1 : TILAPIA DU NIL

Le Tilapia du Nil *O.niloticus* est connu sous le nom de «poulet aquatique» en raison de sa croissance rapide, de sa qualité de chair, de sa résistance aux maladies, de son adaptabilité à un large éventail de conditions environnementales, de sa capacité à se développer et à se reproduire en captivité et à se nourrir de niveaux trophiques faibles. Par conséquent, ils sont devenus un excellent choix pour l'aquaculture, en particulier dans les milieux tropicaux et subtropicaux (El-Sayed 2006). En raison de l'importance de cette espèce, il est essentiel que les aliments soient à la fois économiquement et respectueux de l'environnement. Les sources de protéines animales, en particulier les farines de poisson, ont un coût relativement élevé, une offre limitée et une qualité variable. Pour cela ils ont eu recours aux insectes pour combler cette déficience.

#### I.1. Les caractéristiques taxonomiques d'*Oreochromis niloticus*

Le terme Tilapia est utilisé pour désigner, en taxonomie, un groupe bien élevé et important appartenant à la famille des cichlides (CHAPMEN, 2003).

Comme il s'agit d'un domaine qui évolue régulièrement et que les points de vue divergent, nous utiliserons pour la pisciculture, comme le permet (TREWAVAS, 1983), la dénomination la plus universellement répandue : *Tilapia nilotica*.

Les principaux synonymes de cette espèce, que l'on peut trouver dans la littérature récente, sont :

- *Oreochromis (Oreochromis) niloticus*
- *Tilapia (Sarotherodon) nilotica*
- *Sarotherodon niloticus*

**Règne :** Animalia

**Embranchement :** Chordata

**Super classe :** Ostéichtyens

**Classe :** Actinopterygii

**Ordre :** Perciformes

**Famille :** Cichlidae

**Genre :** *Oreochromis*

**Espèce :** *niloticus* (Linnaeus,1758)

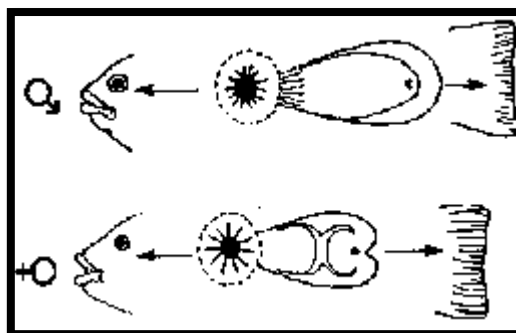
### I.2. Morphologie

L'espèce *Oreochromis niloticus*, est facilement reconnaissable grâce aux bandes verticales régulières noires qui existent sur la nageoire caudale (**figure1.1**). La teinte générale est grisâtre, relativement foncée chez l'adulte. Le dos est vert olive, les flancs sont pâles et le ventre blanchâtre.

Concernant le sexage d'*O. niloticus* (**figure 1.2**), par examination de la papille génitale qui, chez les mâles, est protubérante en forme de cône et porte un pore urogénital à l'extrémité ; alors que chez la femelle, elle est petite, arrondie avec une fente transversale au milieu (pore génital) et un pore urinaire à l'extrémité (**TREWAVAS, 1983**).



**Figure I.1 :** Caractéristiques morphologiques spécifiques d'*Oreochromis niloticus* : Les bandes noires verticales typiques sur la nageoire caudale



**Figure I.2 :**Caractéristiques morphologiques spécifiques d'*Oreochromis niloticus* : papilles génitales (**HUENT,1970**)

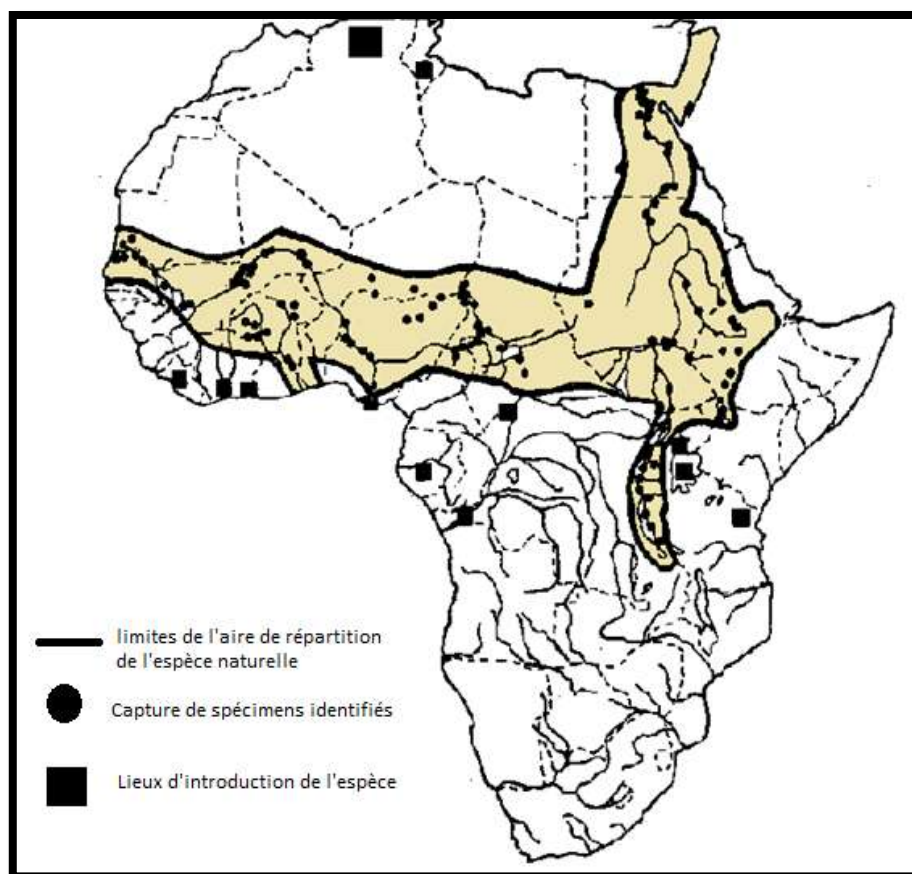
### I.3. Répartition géographique

Le Tilapia présente une répartition originelle strictement africaine couvrant les bassins du Nil, du Tchad, du Niger, des Volta, du Sénégal et du Jourdain ainsi que les lacs du graben est-africain jusqu'au lac Tanganika (**PHILIPPART et RUWET, 1982**).

**WELCOMME (1988)** signale son introduction au Burundi et au Rwanda en 1951, à Madagascar en 1956, en République Centrafricaine et en Côte d'Ivoire en 1957, au Cameroun en 1958, en Tunisie en 1966, en Afrique du Sud en 1976 et à des dates inconnues au Zaïre et en Tanzanie.

Elle a été introduite en Algérie pour la première fois en 2002 par le Centre Nationale de la Recherche et du Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA) (MPRH, 2015).

Ces introductions ne se sont pas limitées à l'Afrique puisqu'elles sont retrouvées dans les lacs, les fleuves et les piscicultures aussi bien d'Amérique Centrale (Costa Rica, Panama, etc.), d'Amérique du Sud (Brésil), d'Amérique du Nord (Auburn, etc.) et d'Asie (Thaïlande, Bengladesh, etc.), ce qui lui vaut une distribution actuelle pantropicale (**WELCOMME, 1988**). Cette espèce commence également à être cultivée dans les eaux chaudes industrielles en régions tempérées. C'est le cas en Europe (Allemagne en 1977 et Belgique en 1980).



**Figure I.3 :** Répartition géographique originelle et introduction d'*Oreochromis niloticus* en Afrique (PHILIPPART et RUWET, 1982)

#### I.4. Exigences écologiques

De nombreuses études de terrain et de laboratoire (PULLIN et LOWE-MCCONNEL, 1982 ; FISHELSON et YARON, 1983 ; PLISNIER *et al.*, 1988.) montrent que *O. niloticus* est une espèce relativement euryèce et eurytope, adaptée à de larges variations des facteurs écologiques du milieu aquatique et colonisant des milieux extrêmement variés.

Dans l'habitat naturel, cette espèce peut supporter des températures comprises entre 14 et 31°C, mais l'intervalle de tolérance thermique observé en laboratoire est plus large de 8 à 40°C, pendant plusieurs heures (BALARIN et HATTON, 1979). Les meilleures performances de croissance sont observées entre 24 et 28°C.

De plus, *O. niloticus* peut survivre dans des eaux dont la salinité est proche de 30‰ et dont le pH varie de 8 à 11.

**Tableau I.1 :** Quelques critères de qualité d’eau pour la pisciculture des Tilapias (**BALARIN et HATTON, 1979**).

| Paramètres physico-chimiques de l’eau                           | Valeurs            |
|-----------------------------------------------------------------|--------------------|
| Gamme de température (°C)                                       | 8 – 40             |
| Limite létale en oxygène (mg/l)                                 | 2 – 3              |
| pH : gamme de tolérance                                         | 5 – 11             |
| Concentration létale en CO <sub>2</sub> (mg/l)                  | > 72,6             |
| Concentration létale en NH <sub>3</sub> -NH <sub>4</sub> (mg/l) | > 4 à pH 7,3 - 7,5 |
| Turbidité (ppm)                                                 | 13 000             |
| Salinité ‰                                                      | < 20 – 35          |

### I.5. Régime alimentaire

Plusieurs travaux relatifs aux contenus stomacaux d’*O. niloticus* révèlent qu’en milieu naturel, l’espèce est essentiellement phytoplanctonophage, mais peut aussi ingérer des algues bleues, du zooplancton ainsi que des sédiments riches en bactéries et diatomées (**MORIARTY, 1973**).

En milieu artificiel (système de pisciculture), cette espèce est pratiquement omnivore, valorisant divers déchets agricoles (tourteaux d'oléagineux, drèches de brasserie, etc.), tirant parti des excréments de porcs ou de volailles, de déchets ménagers, acceptant facilement des aliments composés sous forme de granulés ou pulvérulent.

Il convient de relever que l’acidité gastrique particulièrement forte chez *O. niloticus* lui permet d’être parmi les rares espèces à pouvoir digérer les cyanophycées (abondante source de protéines) sans concurrence notable avec d’autres espèces piscicoles dans l’écosystème aquatique (**LAUZANNE, 1988**). Cette capacité phénoménale d'adaptation à divers aliments et déchets est à la base de sa haute potentialité pour la pisciculture.

Le spectre alimentaire du Tilapia est donc très large : c’est une espèce opportuniste, qui est capable de se nourrir à partir des aliments les moins digestibles. Le degré d'opportunisme de l'espèce est très grand et son régime alimentaire est souvent plus proche de celui des poissons omnivores ou détritivores que des herbivores stricts (**BOWEN, 1982**).

### I.6. Croissance et reproduction

En général, *O. niloticus* est connue pour sa croissance rapide, elle présente un indice de croissance plus performant que les autres espèces de *Tilapia* (PAULY *et al.*,1988). Sa durée de vie est relativement courte (4 à 7 ans), sa vitesse de croissance est extrêmement variable selon les milieux. Dès que les individus atteignent l'âge de maturité, les sujets mâles présentent une croissance plus rapide que les femelles et atteignent une taille nettement supérieure, dans de petites surfaces (LOWE-MC CONNELL, 1982).

### I.7. Besoins nutritionnels d'*Oreochromis niloticus*

- En protéines :

Les besoins en protéines pour une croissance optimale dépendent de l'âge et de la taille du poisson, de la source protéique, de la qualité de l'eau et des conditions d'élevage. Pour les performances maximales durant les stades larvaires, les besoins protéiques sont relativement élevés (50%), mais ils diminuent quand la taille du poisson augmente (WINFREE et STICKNEY,1981 ; JAUNCEY et ROSS, 1982 ; SIDDIQUIET AL.,1988 ; EL-SAYED et TESHIMA,1992).

Le **Tableau I.2** représente les besoins d'*Oreochromis niloticus* en protéines selon le stade d'élevage.

**Tableau I.2** : Résumé des besoins alimentaires en protéines (JAUNCEY et ROSS, 1982).

| Stades                 | Quantités |
|------------------------|-----------|
| Alevins < 0.5g         | 50 %      |
| Alevins (0.5 à 10g)    | 35-40 %   |
| Juvéniles (10 à 35g)   | 30-35 %   |
| 35g (taille marchande) | 25-30 %   |



Les travaux relatifs aux besoins en acides aminés des Tilapias sont peu nombreux. D'autres données obtenues en évaluant l'incidence de la croissance d'une supplémentation graduelle de chaque acide aminé chez *O.niloticus* nous sont rapportées par SANTIAGO et LOVELL (1988).

**LIM ET WEBSTER (2006)** qui trouvent des valeurs proches de ces dernières. Ces informations sont présentées dans le **Tableau I.3**

**Tableau I.3:** Besoins quantitatifs en acides aminés essentiels d'*O.niloticus* (g/16gN)

**LIM ET WEBSTER (2006)**

| Acides aminés essentiels | Besoins quantitatifs (g/ 16gN) |
|--------------------------|--------------------------------|
| Arginine                 | 4.2                            |
| Histidine                | 1.7                            |
| Isoleucine               | 3.1                            |
| Leucine                  | 3.4                            |
| Lysine                   | 4.6                            |
| Méthionine               | 3.2                            |
| Phénylalanine            | 5.6                            |
| Thréonine                | 3.8                            |
| Tryptophane              | 1.0                            |
| Valine                   | 5.6                            |

- **En lipides**

L'apport de lipides dans l'alimentation des poissons est d'abord indispensable pour satisfaire les besoins en acides gras essentiels, acides gras non synthétisés par l'organisme et nécessaires au métabolisme cellulaire (pour la synthèse des prostaglandines et composés similaires) ainsi qu'au maintien de l'intégrité des structures membranaires. Les lipides servent aussi de vecteur lors de l'absorption intestinale des vitamines liposolubles (vitamines A, D, E, K) et des pigments caroténoïdes. Enfin, les lipides, généralement bien digérés, jouent également un rôle majeur pour la fourniture d'énergie, rôle d'autant plus important chez les poissons que la majorité de ces derniers digèrent mal les glucides complexes (**GUILLAUME *et al.*, 1999**).

**Tableau I.4 :** Besoins nutritionnels, contraintes de fabrication de l'aliment et pratique de l'alimentation chez les tilapias (**LAZARD, 2007**).

| Nutriments                                               | Classe de tailles                  |           |          |                                        |           |
|----------------------------------------------------------|------------------------------------|-----------|----------|----------------------------------------|-----------|
|                                                          | Aliments de démarrage jusqu'à 0,5g | 0,5 à 10g | 10 à 35g | 35g à la taille marchande <sup>1</sup> | Géniteurs |
| Protéines brutes (%)                                     | 50                                 | 30–40     | 30–35    | 25–30                                  | 30        |
| Lipides brutes (%)                                       | 10                                 | 10        | 6–10     | 6                                      | 8         |
| Glucides digestibles (%)                                 | 25                                 | 25        | 25       | 25                                     | 25        |
| Fibres (%)                                               | 8                                  | 8         | 8–10     | 8–10                                   | 8–10      |
| Taux de rationnement <sup>2</sup><br>(%ichtyobiomasse/j) | 30–10                              | 10,5      | 5–3      | 3                                      | –         |
| Nombre de repas <sup>2</sup>                             | 8                                  | 6         | 4        | 3                                      | –         |
| Taille granulés <sup>2</sup> (Ø en mm)                   | –                                  | –         | –        | 3–5                                    | –         |

<sup>1</sup>Lazard (1991)

<sup>2</sup>Kubaryk (1980)

#### I.2.8. Ration et la fréquence de nourrissage

La tendance naturelle des Tilapias à se nourrir de façon relativement continue durant la journée indique que leur système digestif est plutôt adapté à recevoir un apport régulier et fréquent de petites quantités d'aliments. Bien que la fréquence de nourrissage soit également affectée par la taille du poisson et par la température de stockage (agissant sur la vitesse d'évacuation de l'estomac), les auteurs s'accordent à penser que le Tilapia doit être nourri peu et souvent. (**JAUNCEY et ROSS, 1982**)

La fréquence de nourrissage des larves et des jeunes alevins d'*O.niloticus* doit être au minimum de 4 fois par jour et idéalement de 8 fois/jour chez les alevins (**JAUNCEY et ROSS, 1982**). **PIPER (1982)** recommande une fréquence de nourrissage telle que 1% de la biomasse soit

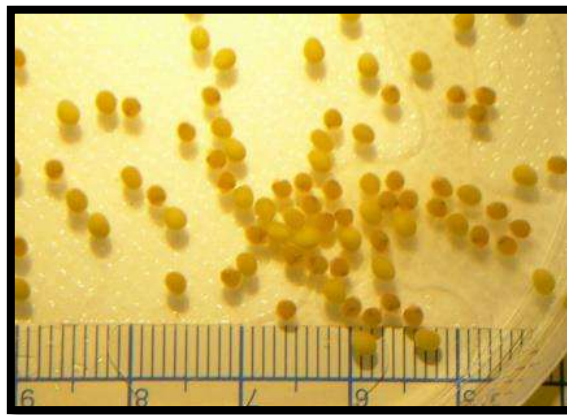
distribuée à chaque repas et que 90% de la quantité distribuée soit consommée dans les 15 minutes qui suivent sa distribution.

### **I.9. Cycle de vie**

Le cycle reproducteur des différentes espèces de Tilapia cultivées à travers le monde inclue l'incubation des œufs, embryons et alevins dans la bouche maternelle. De sorte, les Tilapias sont considérés des poissons ovipares et la fertilisation de leurs œufs est externe.

- **Œuf récemment pondu et fécondé**

L'œuf récemment pondu est de couleur crème-jaunâtre. Chacun d'eux contient une grande quantité de vitellus comme réserve de matière et d'énergie pour soutenir le développement de l'embryon et de la larve pendant ses premiers jours de vie. Après 90 minutes de la fécondation de l'œuf par le spermatozoïde, il y'aura la première division zygote.



**Figure I.4 :** Œufs de tilapia pendant leur développement embryonnaire.

(Chaque œuf mesure approximativement 2 mm)

- **Incubation et développement de l'embryon**

Après 24 heures d'incubation, des tâches de pigmentation commencent à apparaître sur l'embryon qui se développe en consommant le vitellus. L'éclosion survient après le quatrième jour d'incubation



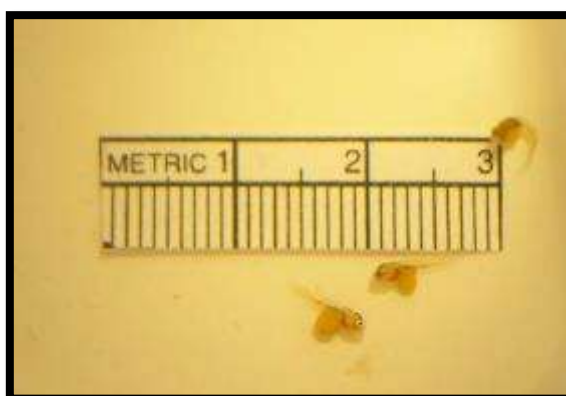
**Figure I.5 :** L'incubation des œufs dans la cavité buccale de la femelle

- **Éclosion**

Après l'éclosion, il continue son développement en absorbant le contenu du sac vitellin. Pendant cette étape, la larve se protège dans la cavité buccale de la femelle.



**Figure I.6:** Protection des larves dans la cavité buccale de la femelle



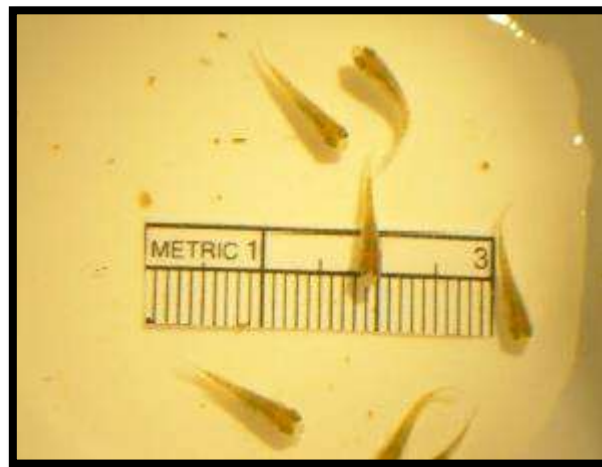
**Figure I.7 :** Trois larves de Tilapia de 7 mm de long environ

- **Développement de la larve :**

La taille du sac vitellin diminue au fur et à mesure que la larve se développe. Ses nageoires sont déjà présentes, mais il ne peut toujours pas nager correctement. Après l'épuisement du sac vitellin, sa bouche fonctionne ce qui lui permettra de s'alimenter.

- **Alevin de tilapia**

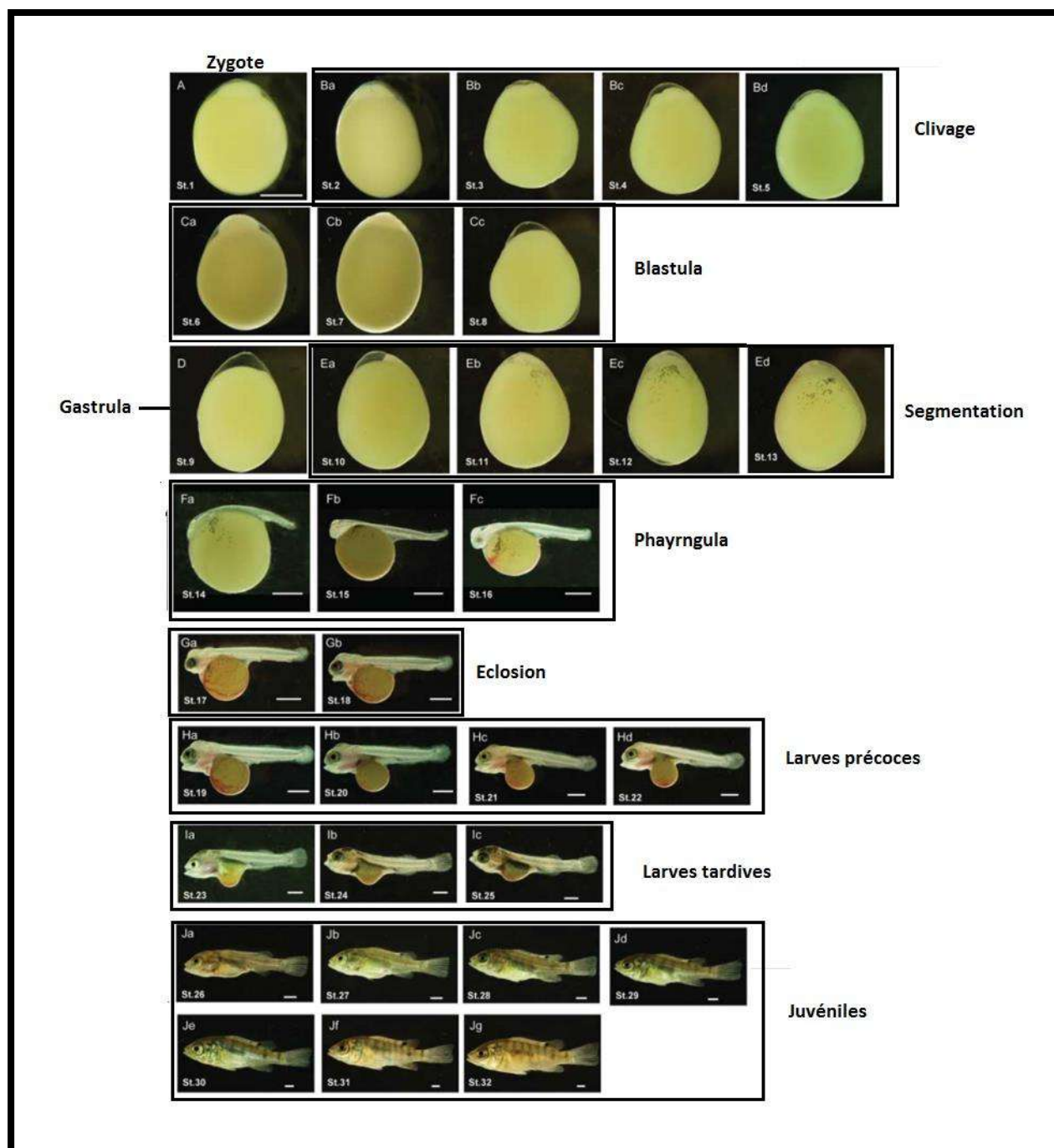
Après l'absorption complète du vitellus, l'alevin est capable de nager librement dans l'eau, d'ingérer des aliments et de se séparer de la mère. A cette étape de son développement, l'alevin mesure généralement entre 10 et 12 mm de longueur.



**Figure I.8 :** Alevins de Tilapia d'environ 12 mm de long au total de 10 à 12 jours après la fertilisation.

- **Maturité sexuelle**

Dans les conditions artificielles de l'élevage, *O. niloticus* atteint sa maturité sexuelle à environs trois ou quatre mois, lorsqu'il pèse entre 40 et 50 g.



**Figure 1.9 :** le cycle de vie du Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (Koji Fujimura and Norihiro Okada)

### CHAPITRE II : VALORISATION DES INSECTES DANS L'ALIMENTATION DES POISSONS

Un aliment pour poisson contient en moyenne (variations selon le régime alimentaire des poissons et du stade de développement) de 30 à 55% protéines, 10 à 28% de lipides, des glucides, des vitamines, des minéraux, des pigments et des additifs. La diminution de la disponibilité en farines et huiles de poisson plus l'augmentation des prix de ces ressources indispensables à la production d'aliments pour l'aquaculture stimulent la recherche d'alternatives durables, d'autant plus que 40 à 60% des coûts de production dans les systèmes aquacoles sont dus au poste alimentation (**KUMAR *et al.*, 2017**). Aujourd'hui, les insectes semblent représenter une bonne piste :

- Ils font partie du régime alimentaire naturel de plusieurs espèces de poissons
- Ils ont une faible empreinte écologique (**OONINCX et BOER, 2012**)
- Leur production ne nécessite que peu de surface et peu de ressources en eau.
- Une conversion efficace des aliments en protéines

#### II.1. Insectes testés en alimentation pour poissons

Le contexte réglementaire est devenu favorable à cette utilisation, de nombreux travaux de recherche ont été produits ces dernières années pour identifier les insectes les plus intéressants pour cette voie de substitution dans l'alimentation des poissons d'élevage. Parmi la grande variété des insectes, plus d'une dizaine ont été testés pour leur intérêt dans l'alimentation des poissons (**Tableau II.1**).

**Tableau II.1 :** Insectes testés en alimentation pour poissons d’après (HENRY *et al.*, 2015)

| Ordre       | Nom commun                      | Nom scientifique            |
|-------------|---------------------------------|-----------------------------|
| Orthoptera  | Criquet puant                   | <i>Zonocerus variegatus</i> |
| Orthoptera  | Criquet indien                  | <i>Poekilocerus pictus</i>  |
| Orthoptera  | Criquet migrateur               | <i>Locusta migratoria</i>   |
| Isoptera    | Termite spp.                    | <i>Macrotermes spp.</i>     |
| Coleoptera  | Ver de farine                   | <i>Tenebrio molitor</i>     |
| Coleoptera  | Scarabée rhinocéros du cocotier | <i>Oryctes rhinoceros</i>   |
| Coleoptera  | Ver de farine géant             | <i>Zophobas morio</i>       |
| Lepidoptera | Bombyx du mûrier                | <i>Bombyx mori</i>          |
| Diptera     | Moustique commun                | <i>Culex pipiens</i>        |
| Diptera     | Mouche soldat noire             | <i>Hermetia illucens</i>    |
| Diptera     | Mouche domestique               | <i>Musca domestica</i>      |

Depuis 4 décennies, les insectes ont été évalués comme une denrée alimentaire potentielle pour les animaux (OGUNJI *et al.*, 2006). Mais spécialement, au cours des 10 dernières années, il y a eu plusieurs études sur les expériences d'alimentation réalisées in vivo avec des régimes à base d'insectes (Tableau I.6) destinés pour *Clarias anguillaris* (ACHIONYE-NZE ET NGWUDO, 2003), *Clarias gariepinus* (ALEGBELEYE *et al.*, 2012; ANIEBO *et al.*, 2011; FASAKIN *et al.*, 2003), *Oreochromis niloticus* (SEALEY *et al.*, 2011; ST-HILAIRE *et al.*, 2007) *Oreochromis niloticus* (DE HARO *et al.*, 2011b ; OGUNJI *et al.*, 2006, 2008). La grande partie des auteurs (Tableaux II.2 et II.3) s’est mis d’accord que les pourcentages de substitution jusqu’à 30% ont généré d’excellents résultats de croissance en fonction des espèces de poissons et d’insectes. Du point de vue nutritionnel, selon les espèces et / ou le stade de développement, les insectes sont riches en protéines et lipides, mais la présence de chitine a priori indique une caractéristique négative. Cependant, elle est présente dans les crustacés, qui sont largement consommés par les poissons.



**Tableau II.2 :** Synthèse de résultats de substitution des insectes comme nutriments dans les régimes alimentaires de plusieurs espèces de poissons

| Poisson                                         | Insecte utilisé                                   | Taux de substitution (%)          | Résultats                                                                                                                                                                                                                                                           | Références                                            |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------|
| barbue de rivière<br><i>Ictalurus punctatus</i> | La mouche soldat noir<br><i>Hermetia illucens</i> | 0 (témoin) -7,5<br>15 - 22,5 - 30 | <ul style="list-style-type: none"> <li><i>Hermetia illucens</i> pourrait être avantageuse jusqu'à un taux d'inclusion de 7.5 %, à condition qu'elle soit complétée par la farine de soja.</li> </ul>                                                                | <b>NEWTONet al., 2005</b>                             |
| Le poisson chat<br><i>Clarias gariepinus</i>    | Mouche domestique<br><i>Musca domestica</i>       | 0-25-50-75-100                    | <ul style="list-style-type: none"> <li>Remplacer jusqu'à 50% de la farine de poisson pour les alevins sans provoquer d'effets néfastes sur la croissance.</li> </ul>                                                                                                | <b>ADEWOLUet al., 2010</b>                            |
|                                                 | Criquet<br><i>Schistocerca gregaria</i>           | —                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Remplacer jusqu'à 25% de protéines alimentaires sans réduction significative de la croissance.</li> <li>lorsque des taux plus élevés ont été utilisés il y'a eu réduction de la performance à cause de la chitine</li> </ul> | <b>BALOGUN, 2011</b>                                  |
|                                                 | Sauterelle<br><i>Zonocerus variegatus</i>         | 0-25-50-100                       | <ul style="list-style-type: none"> <li>Remplacer jusqu'à 25% de farine de poisson sans effet néfaste sur la croissance et l'utilisation des nutriments.</li> <li>Taux d'inclusion accrus ont diminué la digestibilité et la performance.</li> </ul>                 | <b>ALEGBELEYEet al., 2012</b>                         |
| la carpe commune<br><i>Cyprinus carpio</i>      | Vers à soie<br><i>Bombyx mori</i>                 | —                                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Remplacer jusqu'à 100% de protéines de farine de poisson par une farine de soie non dégraissée sans effet néfaste sur la croissance et la conversion alimentaire</li> </ul>                                                  | <b>RAHMANet al., 1996;<br/>NANDEESHA et al., 1990</b> |
|                                                 |                                                   |                                   | <ul style="list-style-type: none"> <li>la pupe de soie peut être utilisée en toute sécurité jusqu'à 50% sans affecter la croissance et la qualité de la chair</li> </ul>                                                                                            | <b>NANDEESHA et al., 2000</b>                         |

|                                      |                                                   |                                 |                                                                                                                                                                         |                                                                            |
|--------------------------------------|---------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------|
| Tilapia du Nil<br><i>O.niloticus</i> | Mouche domestique<br><i>Musca domestica</i>       | 0 - 15 – 25 - 35<br>45 - 55 -68 | <ul style="list-style-type: none"> <li>La croissance était équivalente à celle obtenue avec la farine de poisson entant que principale source de protéines</li> </ul>   | <b>OGUNJI <i>et al.</i>, 2007;</b><br><b>OGUNJI <i>et al.</i>, 2008a,b</b> |
|                                      | Criquet migratrice<br><i>Locusta migratoria</i>   | 0 -50- 75 - 100                 | <ul style="list-style-type: none"> <li>Remplacer jusqu'à 25% dans les régimes sans effet néfaste sur la digestibilité des nutriments et la croissance.</li> </ul>       | <b>ABANIKANND, 2012</b>                                                    |
|                                      | La mouche soldat noir<br><i>Hermetia illucens</i> | 0 – 25 – 50 - 75<br>100         | <ul style="list-style-type: none"> <li>Remplacer jusqu'à 50% sans causer d'effets secondaires sur la croissance et les paramètres d'utilisation des aliments</li> </ul> | <b>MUIN <i>et al.</i>,2017</b>                                             |

### II.2. Utilisation des vers de farine *Tenebrio molitor* dans l'alimentation des poissons

Le vers de Farine *Tenebrio molitor* est un insecte cosmopolite, probablement d'origine européenne, mais disséminé aux quatre coins du monde depuis longtemps, à cause des échanges commerciaux de denrées alimentaires. Il est membre de la famille Ténébrionidés. Ces larves contiennent 49,1% de protéines brutes et 35,2% de matières grasses (FINKE, 2002), ce qui en fait une source appropriée pour le remplacement de la farine de poisson (protéines brutes = 80 % et matières grasses = 4.9 %) dans la production commerciale d'aliments pour les poissons. (Tableau II.3)

### II.3. Procédé d'utilisation des insectes pour l'alimentation animale

#### II.3.1. Abattage des insectes comestibles

Dans les élevages contrôlés, un jeûne des individus de quelques heures à quelques jours peut parfois précéder l'abattage afin d'assurer la vidange du contenu digestif des insectes. Ces derniers sont généralement abattus au moyen de deux techniques :

- Par congélation au moins 24h à  $-18^{\circ}\text{C}$  :

Cette technique dénature peu les protéines et est plus respectueuse de la composition nutritionnelle, mais aucune décontamination microbiologique n'est assurée.

- Par ébouillantage :

Par immersion dans l'eau bouillante de 1 à 5 minutes, ce qui cuit les insectes et assure dans le même temps une décontamination avec une pasteurisation très efficace, suffisante pour détruire les flores végétatives et les parasites, mais pas les spores bactériennes. Une partie des nutriments d'intérêt peut être dégradée. Les insectes ébouillantés sont ensuite égouttés puis séchés. Les insectes cuits ne se conservent pas à ce stade et doivent être transformés immédiatement après ébouillantage, ou refroidis immédiatement jusqu'à  $4^{\circ}\text{C}$  pour un stockage intermédiaire de courte durée.

**Tableau II.3 :** Synthèse des résultats des tests de la substitution de *T. molitor* dans les régimes alimentaires de plusieurs espèces de poissons

| Poisson                                             | TS <sup>1</sup> (%)                  | Résultats                                                                                                                                                                                                                                                       | Références                               |
|-----------------------------------------------------|--------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| Le poisson chat<br><i>Clarias gariepinus</i>        | 0 (témoin) / 20 / 40 / 60 / 80 / 100 | Ceux alimentés avec un taux de substitution de 20% ont montré la plus forte croissance ; une réduction significative observée chez ceux nourris avec un taux > 60% et la plus faible performance de croissance pour ceux alimentés avec 100% de vers de farine. | <b>NG <i>et al.</i>, 2001.</b>           |
| La daurade royale<br><i>Sparus aurata</i>           | 0 (témoin) / 25 / 50                 | Jusqu'à 25%, l'inclusion des vers de farine dans le régime n'a pas entraîné d'effets néfastes sur GPM et le poids final, tandis que 50% ont induit une réduction de la croissance et des résultats moins favorables pour TCS et IC.                             | <b>PICCOLO <i>et al.</i>, 2014</b>       |
| La truite arc-en-ciel<br><i>Oncorhynchus mykiss</i> | 0 (témoin) / 25 / 50                 | Les vers de farine peuvent être utilisés à un taux d'inclusion allant jusqu'à 50% sans la réduction des performances de croissance, ce qui entraînera une économie des protéines de farine de poisson                                                           | <b>GASCO <i>et al.</i>, 2014a</b>        |
| Le bar commun<br><i>Dicentrarchus labrax</i>        | 0 (témoin) / 25 / 50                 | En incluant 50% de vers de farine, ça conduit à des résultats moins favorables qu'à un taux de 25% et à la réduction des performances de croissance des poissons, comme s'a influencé sur la composition en acides gras des lipides corporels.                  | <b>GASCO <i>et al.</i>, 2014b</b>        |
| Tilapia du Nil<br><i>O. niloticus</i>               | 0 (témoin) / 25 / 50 / 100           | Ceux nourris avec le témoin (0% d'inclusion) ont donné des résultats plus performants en terme de poids moyen, mais aucune différence statistique significative n'est mentionnée entre les 4 traitements.                                                       | <b>SANCHEZ-MUROS <i>et al.</i>, 2017</b> |

<sup>1</sup> : taux de substitution

### II.3.2. Transformation et techniques de conservation

Il convient de s'assurer que le processus de transformation que vont subir les insectes permet d'assurer leur décontamination. La plupart des insectes comestibles proposés pour l'alimentation animale ou humaine sont déshydratés suite à l'abattage, pour permettre leur conservation. Plusieurs traitements peuvent être mis en œuvre :

- La déshydratation en four sec ventilé

Les températures mentionnées par **RUMPOLD et SCHLUTER (2013a)** s'échelonnent de 60 à 110°C avec des durées de plus de 5h.

- La friture (plus rarement employée)

Cette technique de traitement thermique à haute température (> 160°) dans l'huile bouillante, s'accompagne d'une décontamination microbiologique plus poussée des produits. La température élevée dénature également les venins de nature protéique.

- La lyophilisation

L'opération permet d'éliminer par sublimation la majeure partie de l'eau contenue dans un produit congelé. Il s'agit donc d'une opération de déshydratation à basse température qui autorise une conservation à long terme des aliments (en lieu frais et sec).

### II.4. Risques liés à la consommation des insectes

Les instances sanitaires mettent en évidence deux grands types de risque :

--soit spécifiques à l'espèce : présence de dangers d'origine microbienne, de corps étrangers, de substances toxiques, de substances anti-nutritionnelles ou d'allergènes.

– soit liés aux pratiques d'élevage, de transformation ou aux conditions de conservation et de transport.

Les principaux dangers apparaissent liés à la présence de substances toxiques fabriquées par l'insecte ; tels que des substances urticantes, du venin. Les insectes peuvent également s'avérer secondairement toxiques suite à l'accumulation de toxines végétales, de médicaments vétérinaires, de pesticides, de polluants organiques ou de métaux lourds. **HANDLEY et al. (2007)** a mis en évidence la présence de Cadmium dans les larves de ténébrion (*Tenebrio*

*molitor*) et au Mexique, **GREEN et al. (2001)** ont noté du plomb dans des grillons grillés ou encore de l'arsenic chez un lépidoptère en Australie (**HAI et al.,2009**).

Certains insectes présentent également des taux de facteurs antinutritionnels significatifs (acide phytique, oxalates, tannins, etc.). La chitine et l'un de ses dérivés, le chitosan, peuvent également être considérés comme des facteurs antinutritionnels. En effet outre le fait que la chitine est peu ou pas digérée par les animaux dont l'appareil digestif est souvent dépourvu de chitinase. Toutefois, un avis de l'EFS indique l'absence de risque pour l'homme d'un complément alimentaire constitué de 90% de chitine-glucane, à une dose de 2 à 5g/jour.

Les insectes, notamment ceux envisagés pour la production de masse, peuvent également être porteurs de bactéries ou de parasites, en particulier lorsqu'ils sont consommés crus ou suite à une lyophilisation. A l'inverse, les insectes présentent un faible risque de transmission de maladies zoonotiques (maladies transmises des animaux aux humains) comme la grippe H1N1 (grippe aviaire) et l'ESB, maladie de la vache folle, (EFSA).

L'Union européenne a autorisé à partir du 1<sup>er</sup> juillet 2017 (**décret CE 6300/2017**) l'usage et la consommation des insectes par les poissons d'élevage (saumons, truites, tilapias...), des farines produites à base de sept espèces d'insectes dont la mouche soldat noire (*Hermetia illucens*), la mouche domestique (*Musca domestica*), des ténébrions et des grillons (**Tableau I.6**).

Dans son avis du 8 octobre 2015, l'Autorité Européenne de Sécurité des Aliments (EFSA) avait analysé les risques biologiques et chimiques associés à la production et à la consommation d'insectes, tant dans l'alimentation humaine qu'animale. L'EFSA a conclu que l'élevage d'insectes nourris avec des substrats végétaux ne comporte pas de risque comme pour les autres productions animales dans le cas où les producteurs respectent les meilleures pratiques d'hygiène, conformément à la législation de l'Union européenne en matière de sécurité alimentaire et de sécurité des aliments pour animaux (CE 6300/2017).

### II.5. Quelques projets d'élevage d'insectes

- Le projet ECODEPTERA

En 2004, un projet cofinancé par le programme européen LIFE, a été lancé pour améliorer l'utilisation de l'énorme volume de lisier de porc produit en Europe. Dans ce projet, des larves de mouches sont utilisées pour transformer le fumier en engrais et en protéines.

En Slovaquie, une unité pilote de dégradation biologique du lisier a été mise en place avec des larves de mouche. Le projet a trouvé que lorsque les asticots atteignent le stade de pupes, ils peuvent être utilisés comme aliment protéinique en aquaculture.

- Le projet AgroProtein

La start-up AgriProtein, vainqueur de l'édition 2013 du Prix de l'Innovation pour l'Afrique a découvert une technique pour alimenter les animaux avec des asticots et des larves des mouches. AgriProtein est parvenu à lever 11 millions de dollars (8,2 millions d'euros) pour l'extension à l'échelle industrielle de son projet. Elle sera dotée d'une capacité de production de 8,5 milliards d'insectes.

- Le projet Enviroflight

Son objectif est de produire des protéines animales et végétales pour confectionner des aliments pour l'aquaculture en produisant la mouche soldat noire *Hermetia illucens* (aliment riche en protéines, pauvre en matières grasses) pour les tilapias, les crevettes d'eau douce, les poissons chats et d'autres espèces omnivores et les asticots (riche en protéines et en matières grasses) pour les poissons carnivores, tels que la truite arc-en-ciel, la perche, le black-bass.

- ProjetPROteINSECT – FERA (*Food and Environment Research Agency*)

Le projet financé par la Commission européenne, deux espèces de mouches, la mouche soldat *Hermetia illucens* et la mouche domestique *Musca domestica*, sont étudiées et leurs larves utilisées en production pour valoriser les déchets organiques en matières fertilisantes. Il a pour objectif l'exploitation des insectes et la manière d'apporter une alternative durable à l'approvisionnement en protéines pour l'alimentation animale et la nutrition humaine.

- Projet ANR – DESIRABLE

Le projet vise à développer une raffinerie de bioconversion par les insectes de coproduits sous valorisés en protéines adaptées à l'alimentation animale. Il a été lancé en 2013 pour une durée de 48 mois. Plusieurs partenaires publics (cinq laboratoires INRA, CNRS, CEA, ITAP) et privés (Ynsect, IPV Foods) participent à ce projet. Deux espèces d'insectes, le ver de farine, *Tenebrio molitor* et la mouche soldat *Hermetia illucens*, ont été sélectionnées. Les thématiques de recherche portent sur les défis d'une alimentation durable, notamment les aspects sanitaires et nutritifs.



---

**PARTIE 2 : ESSAIS**

**D'ALIMENTATION D'ALEVINS DE  
TILAPIA PAR LES LARVES DE VERS  
DE FARINE (CONGELÉES OU  
SÉCHÉES) ET COMPARAISON AVEC  
L'ALIMENT ARTIFICIEL**

---

## CHAPITRE I : MATERIELS ET METHODES

Afin d'étudier l'effet de la substitution de l'aliment artificiel par des vers de farine séchées ou congelées dans l'alimentation des alevins de Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758), une expérience s'est déroulée au niveau de la ferme expérimentale de l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL, Dely Ibrahim, Alger). Les alevins ayant fait l'objet d'expérimentation ont été fournis par la ferme agropiscicole AL ASSIL sise en forêt domaniale oued Isser Wilaya de Boumerdes.

### I.1. Matériel utilisé

Trois aquariums rectangulaires de volume de 144 m<sup>3</sup>, une pompe d'oxygène de type ATMAN HP-8000 et 3 résistances de marque ATMAN (AT-180-IEC60335-1) de capacité 100 Watt réglées à une température optimale égale à 26°C, ont été utilisés pour l'élevage et le suivi de la croissance des alevins de Tilapia. La mesure du poids et de la taille des alevins de Tilapia ont été réalisés avec une balance électronique de marque LUTRON (GM-610P) (**figure I.1**), de capacité maximale égale à 600g et un ichtyomètre en bois de 30 cm de long (**figure I.2**). Un nettoyage total des aquariums est effectué avec une fréquence de 5 jours et un taux de renouvellement d'eau calculé à 10% par jour.

### I.2. La constitution des lots d'aquarium et des régimes alimentaires

Trois lots ont été constitués contenant chacun d'eux 15 alevins de poids moyen de  $1,23 \pm 0,20$  g (âge d'environ 1 mois et demi) et ont subi une période d'adaptation aux conditions expérimentales durant 15 jours, pour les repeser après cette période et avoir un poids homogène au sein des trois lots (2,15g). Les alevins du Tilapia ont été répartis sur les trois aquariums comme le montre le **Tableau I.1**.

**Tableau I.1** : La constitution des lots d'aquarium

|                                    | Aq1       | Aq2       | Aq3       |
|------------------------------------|-----------|-----------|-----------|
| <b>Alevins, n</b>                  | 15        | 15        | 15        |
| <b>Poids moyen initial, g</b>      | 2,15      | 2,14      | 2,15      |
| <b>Taille moyenne initiale, mm</b> | 46,3      | 47,1      | 47,4      |
| <b>Régimes alimentaires</b>        | <b>R1</b> | <b>R2</b> | <b>R3</b> |

Dans chaque aquarium, un régime alimentaire a été distribué tout au long de l'expérience (Tableau I.2).

**Tableau I.2** : constitution des rations alimentaires

| Régime distribué           | R1                 | R2                                   | R3                                   |
|----------------------------|--------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|
| <b>Constitution</b>        | 100 % <sup>1</sup> | 75 % <sup>1</sup> +25 % <sup>2</sup> | 75 % <sup>1</sup> +25 % <sup>3</sup> |
| <b>Taux de protéines %</b> | 43,0               | 46,8                                 | 46,8                                 |

<sup>1</sup> : aliment commercial (LE GAUESSANT)

<sup>2</sup> : vers de farine séchés broyés

<sup>3</sup> : vers de farine congelés

Le taux de protéines dans les régimes R2 et R3 est calculé selon la formule suivante :

$$\text{Le taux de protéines (\%)} = [(TP_v * T_v) + (TP_{ar} * Tar)] / 100$$

**TP<sub>v</sub>** : Taux de protéines dans les vers de farine (%)

**T<sub>v</sub>** : Taux des vers de farine dans l'aliment composé

**TP<sub>ar</sub>** : taux de protéines dans l'aliment artificiel (%)

**Tar** : taux de l'aliment artificiel dans l'aliment composé

### I.3.La mesure de la Température

La température de l'eau est vérifiée au sein des trois aquariums quotidiennement à l'aide de la valise multi-paramètres, elle est maintenue à  $26 \pm 1^\circ\text{C}$ , grâce aux résistances.

### I.4.Les mesures effectuées

La croissance est un facteur majeur en aquaculture ; c'est celui qui détermine la production et par conséquent la rentabilité de l'élevage. Pour cela le poids corporel (**Figure I.1**) et la taille totale (**figure I.2**) des alevins ont été individuellement mesurés avec une fréquence de 5 jours sur une période de 2 mois totalisant 13 jours d'expérience. Les données enregistrées ont permis de calculer le taux de croissance et évaluer l'efficacité alimentaire des alevins de Tilapia vis-à-vis

des régimes alimentaires partiellement substitués par des vers de farine soumis à 2 types de conditionnement.



**Figure I.1:** Pesée des alevins de Tilapia avec une balance électronique de marque LUTRON (GM-610P)



**Figure I.2:** Mesure de la taille des alevins de Tilapia avec un ichtyomètre

### I.5. Procédés de séchage et congélation

Les vers de farine à utiliser comme substitut partiel de l'aliment artificiel ont été approvisionnés à partir de l'élevage des vers de farine mené par Melle OUNAS Amina Bouchra au sein de son PFE intitulé « Essai de culture des larves de vers de farine (*Tenebrio molitor*) sur différents types de substrats ». Les procédés de séchage et de congélation des vers de farine ont été effectués comme suit :

Le procédé de séchage suivi et qui est décrit par **AIGUILAR-MIRANDA *et al.* (2002)** consiste en l'introduction des vers de farine dans de l'eau bouillante pendant 5 minutes (**figure I.4 et I.5**), puis les sécher dans l'étuve à 60°C pendant 24h (**figure I.6**). Une fois sortis de l'étuve, ils sont

pesés et broyés (**figure I.7**), puis conditionnés dans des flacons stérilisés à 4°C. Le broyage est effectué au niveau du laboratoire de l'ENSSMAL à l'aide d'un broyeur électrique afin d'obtenir des ingrédients sous forme de poudre (farineuse).



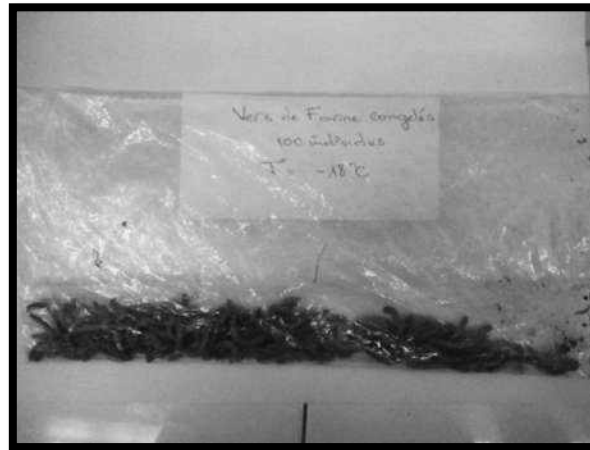
**Figures I.3 et I.4 :** Vers de farine mises dans l'eau bouillante



**Figure I.5 et I.6 :** vers de farine séchés et broyés

Concernant le procédé de congélation, les vers de farine emballés dans des sacs de congélation sont mis dans un congélateur réglé à une température de -18°C pour une période de 24h (**figure I.8**). Une fois les vers congelés, ils sont pesés, broyés et conservés à 4°C.

Après le broyage, les ingrédients sont mélangés en respectant les proportions, c'est-à-dire :75% aliment commercial, 25% vers de farine séchés ou congelés.



**Figure I.7 :** Vers de farine congelés à -18°C dans des sacs de congélation

#### **II.1.6. Ration et la fréquence de nourrissage**

D'après **KUBARYK(1980)**, la fréquence de nourrissage des alevins d'*O.niloticus*, suivant leurs stades, doit être au minimum de 6fois par jour. En suivant ce procédé, les trois régimes alimentaires ont été distribués quotidiennement et manuellement aux alevins à 9h, 11h, 13h, 15h, 16h et à 18h, commençant d'une ration journalière de 10.5% de la biomasse contenue dans l'aquarium. La distribution a été réalisée en surface de chaque aquarium pour que les poissons puissent avoir tous leur ration sans qu'il n'y est de cannibalisme. La ration alimentaire quotidienne (**Ra**), qui augmente au fur et à mesure que le poids des poissons augmente (**tableau I. 3**), a été calculée après chaque prise de mesure des poissons (5jours)en suivant la formule :

$$\text{Ra(g/j)} = (\text{P}_{\text{moy}} \times \text{Tr}) / 100 \times \text{Nt}$$

**Ra** : Ration alimentaire quotidienne

**P<sub>moy</sub>** : Poids moyen individuel

**Tr** : Taux de rationnement

**Nt** : Nombre total d'individus dans chaque aquarium

**Tableau I.3** : Les quantités d'aliment distribuées aux alevins des trois lots pendant la période expérimentale

| Période (jours)                           | Aquarium 1 (Témoin) |           | Aquarium 2         |           | Aquarium 3         |           |
|-------------------------------------------|---------------------|-----------|--------------------|-----------|--------------------|-----------|
|                                           | Ration journalière  | Fréquence | Ration journalière | Fréquence | Ration journalière | Fréquence |
|                                           | (g)                 | (repas/j) | (g)                | (repas/j) | (g)                | (repas/j) |
| Du 1 <sup>er</sup> au 5 <sup>ème</sup>    | 2,2                 | 6         | 2,1                | 6         | 1,5                | 6         |
| Du 6 <sup>ème</sup> au 11 <sup>ème</sup>  | 3,4                 | 6         | 3,4                | 6         | 3,4                | 6         |
| Du 12 <sup>ème</sup> au 17 <sup>ème</sup> | 3,6                 | 6         | 4                  | 6         | 4                  | 6         |
| Du 18 <sup>ème</sup> au 23 <sup>ème</sup> | 4,3                 | 6         | 5                  | 6         | 5                  | 6         |
| Du 24 <sup>ème</sup> au 29 <sup>ème</sup> | 6                   | 6         | 6,2                | 6         | 6                  | 6         |
| Du 30 <sup>ème</sup> au 35 <sup>ème</sup> | 7,2                 | 6         | 7                  | 6         | 7,5                | 6         |
| Du 36 <sup>ème</sup> au 41 <sup>ème</sup> | 8,5                 | 6         | 8,1                | 6         | 9,1                | 6         |
| Du 42 <sup>ème</sup> au 47 <sup>ème</sup> | 11,3                | 6         | 10,2               | 6         | 11,7               | 6         |
| Du 48 <sup>ème</sup> au 53 <sup>ème</sup> | 12,2                | 6         | 13,9               | 6         | 14,1               | 6         |
| Du 54 <sup>ème</sup> au 59 <sup>ème</sup> | 7,9                 | 4         | 8,7                | 4         | 8                  | 4         |

### I.7. Les paramètres zootechniques et indices calculés

Pour estimer la croissance des poissons au cours de l'expérience et caractériser l'efficacité d'utilisation des aliments mis en essai, les différents paramètres zootechniques et indices suivants ont été calculés :

- **Le Gain de Poids Moyen (GPM)**, qui permet d'évaluer la croissance pondérale des poissons pendant un temps donné. Il est calculé à partir de la formule ci-dessous :

$$GPM(g) = Poids\ final\ (g) - Poids\ initial$$

- **Taux de croissance spécifique (TCS)**, Ce coefficient permet d'évaluer le poids gagné par le poisson chaque jour, en pourcentage de son poids vif.

$$TCS = \frac{\ln(P_{mf}) - \ln(P_{mi})}{Durée\ de\ l'expérience(jours)} \times 100$$

**P<sub>mf</sub>** :poids moyen final (g)

**P<sub>mi</sub>** :poids moyen initial (g)

- **Le Gain Moyen Quotidien (GMQ)**, exprimé en g/poisson/j, cet indice permet d'apprécier le gain de poids journalier des poissons en élevage. Il est déterminé à partir de la relation ci-dessous :

$$GMQ = \frac{P_{mf}(g) - P_{mi}(g)}{Durée\ de\ l'expérience(jours)}$$

**P<sub>mf</sub>** :poids moyen final (g)

**P<sub>mi</sub>** :poids moyen initial (g)

- **Le Taux de survie (TS)**, exprimé en % a été calculé selon la formule :



$$TS = (NP_f / NP_i) \times 100$$

**NP<sub>f</sub>** : Nombre de poissons à la fin de l'expérience

**NP<sub>i</sub>** : Nombre de poissons au début de l'expérience

Et en fin, **l'indice de Conversion de l'aliment (IC)**, indiquant l'efficacité d'utilisation de l'aliment. C'est un rapport entre l'aliment ingéré et le gain du poids moyen. Il est calculé non seulement en fonction de la nature de l'aliment, mais aussi en considérant la quantité ingérée :

$$IC = \text{Quantité d'aliment ingérée (g)} / GPM (g)$$

Le test statistique :

On suppose qu'elle suit la loi Normal, les valeurs moyennes obtenues dans les trois traitements (R1, R2 et R3) pour estimer la croissance des poissons et caractériser l'efficacité des aliments ont été comparées par analyse de variance à un facteur (ANOVA) en passant par le test de Cochran et Fisher pour tester et analyser l'homogénéité des variances. Si les différences révélées par ANOVA étaient globalement significatives, les comparaisons entre deux moyennes étaient par la suite exécutées par le test de Student. Le seuil de signification était  $P < 0,05$ .

## CHAPITRE II : RÉSULTATS ET DISCUSSION

Les insectes comme source de protéines sont une nouvelle alternative intéressante afin de substituer la farine de poisson. De nos jours, différentes espèces d'insectes (pupes de vers à soie, (*Anapheinfra*) ; vers de farine (*Tenebrio molitor*); sauterelles (*Zonocerus variegatus*); la mouche soldat noir (*Hermetia illucens*) ; la mouche domestique (*Musca domestica*) ont été utilisés dans l'alimentation de différentes espèces de poissons comme la Carpe commune (*Cyprinus carpio*); truite arc-en-ciel (*Oncorhynchus mykiss*); Poisson-chat africain (*Clarias gariepinus*); Tilapia au Nil (*Oreochromis niloticus*) axé sur les paramètres zootechniques de la croissance et des indices nutritifs

Afin d'évaluer la croissance des poissons *O. niloticus* au cours de l'expérience, des méthodes analytiques fondées sur la détermination de différents indices zootechniques couramment utilisés ont été appliquées. Les principaux résultats obtenus sont consignés dans le **Tableau II.1**

**Tableau II.1** : Les paramètres zootechniques chez les alevins d'*O. niloticus* recevant 3 régimes alimentaires différents.

|                          | Régimes alimentaires  |                                          |                                            |
|--------------------------|-----------------------|------------------------------------------|--------------------------------------------|
| Paramètres zootechniques | R1<br>100% artificiel | R2<br>75% artificiel<br>+25% vers séchés | R3<br>75% artificiel<br>+25% vers congelés |
| Taux de survie (%)       | 100                   | 80                                       | 100                                        |
| Poids initial (g)        | 2,15± 0,54            | 2,14± 0,77                               | 2,15± 0,62                                 |
| Poids final (g)          | 13,74± 4,17           | 19,10± 5,40                              | 16,68± 5,59                                |
| GPM (g)                  | 11,59                 | 16,96                                    | 14,53                                      |
| GMQ (g/poisson/j)        | 0,21                  | 0,31                                     | 0,26                                       |
| TCS (%/j)                | 3,37                  | 3,98                                     | 3,72                                       |
| Aliment distribué (g)    | 94,66                 | 88,97                                    | 102,85                                     |
| IC                       | 8,17                  | 5,25                                     | 7,08                                       |

Durant la période expérimentale, le taux de survie était à 100% pour les poissons d'aquariums recevant les régimes R1 et R3 (**Tableau II.1**). Par contre, on a enregistré une perte de 20% de poissons recevant le R2 qui est principalement due aux manipulations au moment de réaliser les mesures et le nettoyage de l'aquarium.

Les Tilapias utilisés dans l'expérience avaient un poids initial moyen de 2,15 g dans les 3 aquariums (sujets de poids homogène). Après 55 jours de nourrissage, les sujets soumis au régime R2 ont enregistré un gain de poids 30 et 12% supérieure à R1 et R3, respectivement. D'où un avantage est marqué avec une supplémentation partielle (25%) par des vers de farine sous forme séchés et broyés. Le gain de poids moyen (**GPM**) est significativement élevé dans R2 comparant à R3 et R1 (**Tableau II.1**). En conséquence, les Tilapias nourris avec R2 ont efficacement converti l'aliment en enregistrant un IC de l'ordre de 5,25.

Le taux de croissance spécifique (TCS), le gain du poids moyen (GPM), le gain du poids quotidien (GPQ) sont plus importants chez les alevins alimentés par les régimes R2 et R3 que R1.

D'après les résultats montrés dans le **Tableau II.1**, une supplémentation d'un régime alimentaire avec 25% de vers de farine séchés permet de l'enrichir en contenu protéique et permet une meilleure croissance du Tilapia. Le régime supplémentation avec des vers de farine congelés donne des résultats meilleurs que R1 mais inférieur à R2. Ceci montre l'intérêt des procédés de transformation et stockage sur la qualité des vers de farines distribuées.

L'analyse de variance des poids et taille moyenne à un facteur ANOVA n'a montré aucun effet significatif du régime alimentaire ( $P > 0.05$ ) sur la croissance des alevins d'*O. niloticus* nourris avec trois régimes différents alors que au J13 (après 55 jours d'expérience) le régime alimentaire a eu un effet significatif ( $P < 0.05$ ), ce qui indique la nécessité d'un prolongement de la durée de l'expérience dans de futurs travaux de recherche pour cerner le cycle de vie des poissons Tilapia et étudier leur croissance et développement.

Par ailleurs, les résultats obtenus de poids moyens et des tailles moyennes des Tilapia soumis aux 3 régimes alimentaires sont représentés dans le **Tableau II.2**

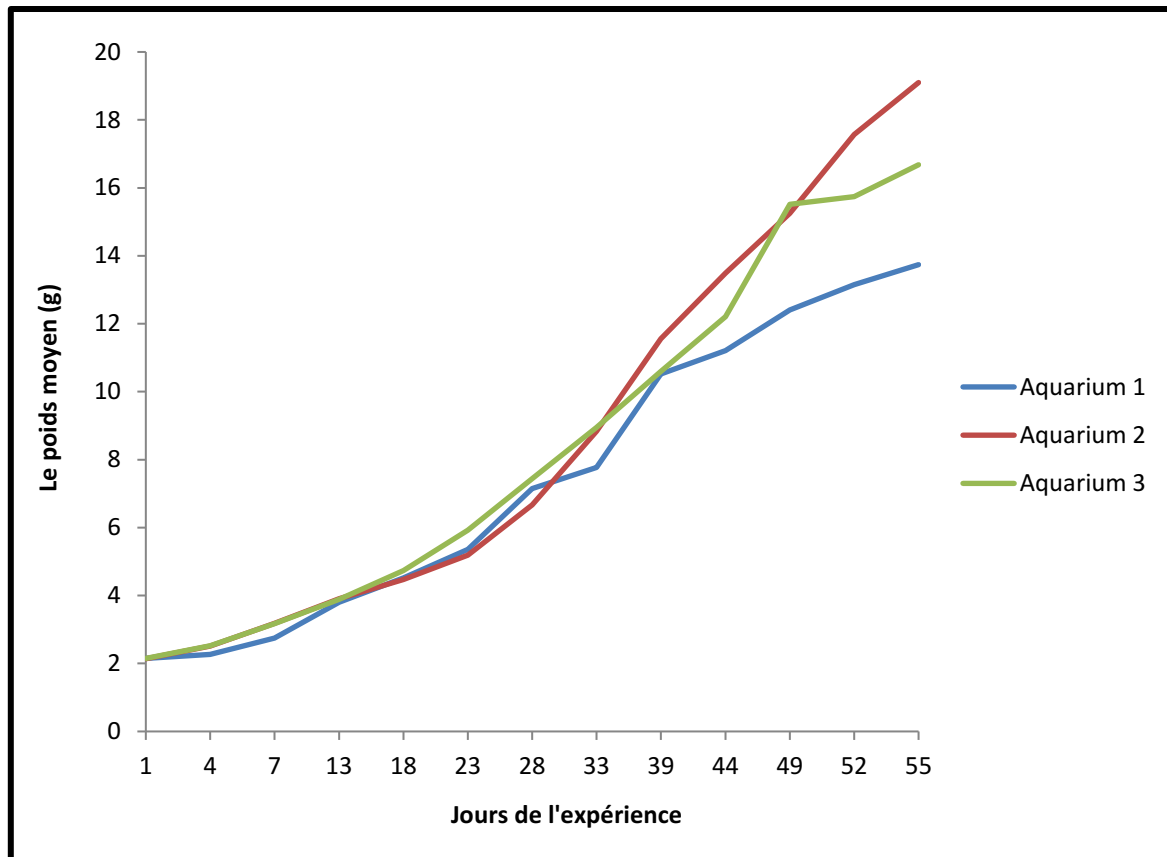
## RESULTATS ET DISCUSSION

**Tableau II.2 :** Evolution du poids et taille moyens individuels des Tilapia (*Oreochromis niloticus*) recevant 3 régimes alimentaires différents durant la période expérimentale (moyenne  $\pm$  ES)

| Régimes alimentaires      |    |             |              |                                                   |              |              |                                                     |              |              |
|---------------------------|----|-------------|--------------|---------------------------------------------------|--------------|--------------|-----------------------------------------------------|--------------|--------------|
| Aliment artificiel (100%) |    |             |              | AA <sup>1</sup> (75%)+Vers de Farine séchés (25%) |              |              | AA <sup>1</sup> (75%)+Vers de Farine congelés (25%) |              |              |
|                           | N  | Taille (mm) | Poids (g)    | N                                                 | Taille (mm)  | Poids (g)    | N                                                   | Taille (mm)  | Poids (g)    |
| J1                        | 15 | 4,63 ± 0,40 | 2,15 ± 0,54  | 15                                                | 4,71 ± 0,58  | 2,14 ± 0,77  | 15                                                  | 4,74 ± 0,42  | 2,15 ± 0,62  |
| J4                        | 15 | 4,99 ± 0,38 | 2,27 ± 0,60  | 15                                                | 5,22 ± 0,58  | 2,51 ± 0,85  | 15                                                  | 5,28 ± 0,50  | 2,52 ± 0,74  |
| J7                        | 15 | 5,25 ± 0,80 | 2,75 ± 0,70  | 15                                                | 5,67 ± 0,69  | 3,18 ± 1,19  | 15                                                  | 5,61 ± 0,60  | 3,17 ± 1,07  |
| J13                       | 15 | 5,85 ± 0,62 | 3,80 ± 1,10  | 15                                                | 6,20 ± 0,64  | 3,91 ± 1,14  | 15                                                  | 6,13 ± 0,66  | 3,89 ± 1,44  |
| J18                       | 15 | 6,27 ± 0,75 | 4,52 ± 1,51  | 15                                                | 6,42 ± 0,67  | 4,47 ± 1,42  | 15                                                  | 6,59 ± 0,73  | 4,74 ± 1,62  |
| J23                       | 15 | 6,85 ± 0,96 | 5,36 ± 2,05  | 15                                                | 6,78 ± 0,55  | 5,19 ± 1,29  | 15                                                  | 7,21 ± 0,73  | 5,92 ± 1,87  |
| J28                       | 15 | 7,61 ± 0,99 | 7,15 ± 2,67  | 12                                                | 7,40 ± 0,76  | 6,67 ± 1,73  | 15                                                  | 7,69 ± 0,84  | 7,44 ± 2,30  |
| J33                       | 15 | 7,85 ± 1,06 | 7,77 ± 3,15  | 12                                                | 8,09 ± 0,74  | 8,84 ± 2,72  | 15                                                  | 8,00 ± 0,95  | 8,95 ± 3,34  |
| J39                       | 15 | 8,61 ± 1,07 | 10,52 ± 4,03 | 12                                                | 8,98 ± 1,01  | 11,56 ± 4,13 | 15                                                  | 8,72 ± 1,20  | 10,60 ± 4,15 |
| J44                       | 15 | 8,68 ± 1,12 | 11,21 ± 4,15 | 12                                                | 9,28 ± 1,25  | 13,49 ± 5,11 | 15                                                  | 8,89 ± 1,22  | 12,21 ± 4,75 |
| J49                       | 15 | 9,41 ± 1,31 | 12,41 ± 4,16 | 12                                                | 10,33 ± 1,41 | 15,25 ± 5,18 | 15                                                  | 10,01 ± 1,37 | 14,52 ± 5,40 |
| J52                       | 15 | 9,94 ± 1,37 | 13,15 ± 4,14 | 12                                                | 11,05 ± 1,56 | 17,57 ± 5,36 | 15                                                  | 10,55 ± 1,59 | 15,74 ± 5,56 |
| J55                       | 15 | 9,97 ± 1,11 | 13,74 ± 4,17 | 12                                                | 11,59 ± 1,71 | 19,10 ± 5,40 | 15                                                  | 11,13 ± 1,63 | 16,68 ± 5,59 |

<sup>1</sup> : Aliment artificiel, N : nombre d'individus

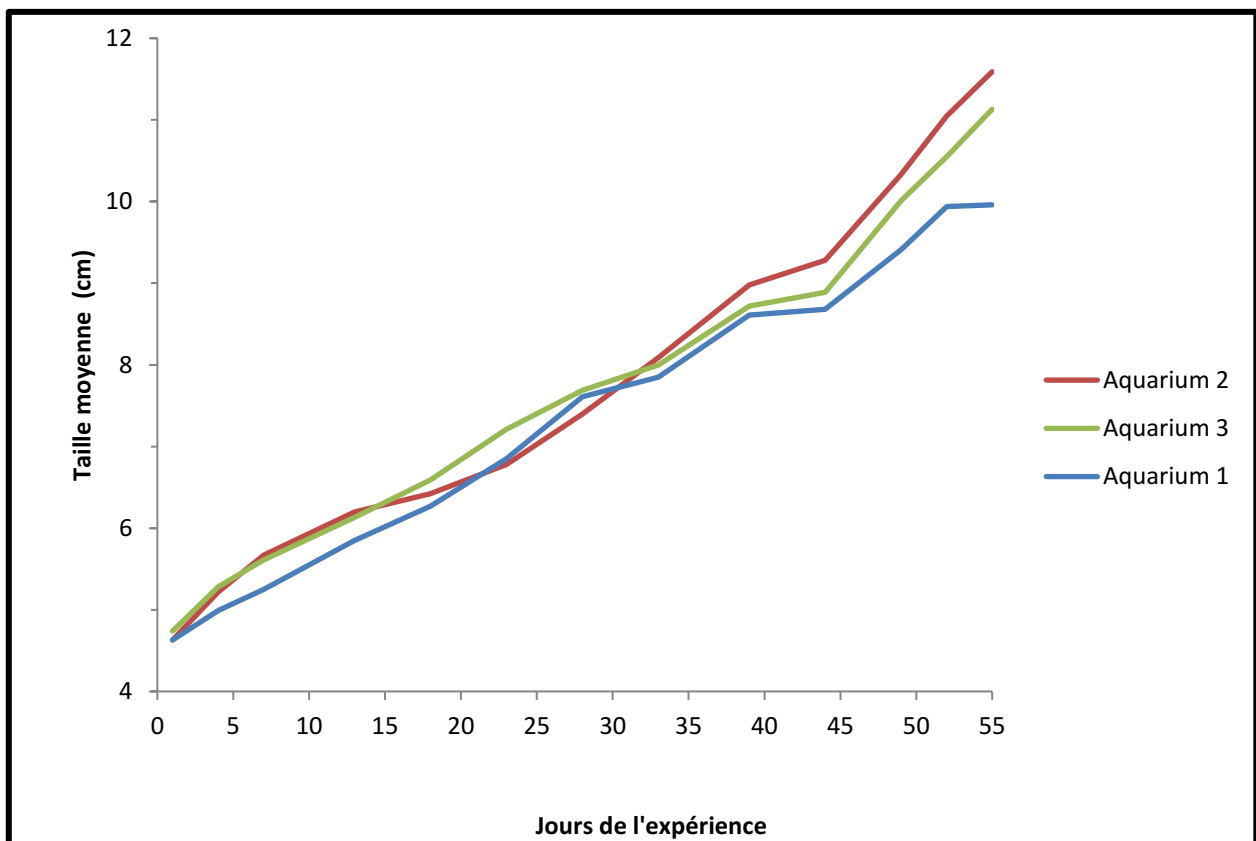
La représentation graphique de l'évolution du poids moyen et de la taille moyenne des Tilapia soumis aux 3 régimes alimentaires durant l'expérience est représentée dans les **figures II.1 et II.2**, respectivement.



**Figure II.1:** L'évolution du poids moyen (g) des Tilapia *O. niloticus* durant la période expérimentale recevant trois régimes alimentaires (R1, R2 et R3)

D'après l'observation des courbes de croissance de la **figure II.1**, durant les deux premières semaines de nourrissage, la croissance des alevins de Tilapia est similaire quel que soit le régime distribué. A partir du 18<sup>ème</sup> jour de nourrissage, la croissance des poissons commence à varier en montrant que les Tilapia nourris avec le R1 et R3 ont eu une croissance légèrement supérieure à celle mesurée chez les alevins nourris avec le R2.

Au-delà du 1<sup>er</sup> mois, les courbes de croissance ont montré des différences selon le type de régime alimentaire distribué. En effet, à partir du 33<sup>ème</sup> jour, la croissance des poissons nourris avec le R2 et R3 est nettement supérieure à celle mesurée dans l'aquarium recevant le R1. Après avoir atteint un âge environ de 3mois (55 jours de nourrissage), un gain de poids moyen quotidien (**GMQ**) de l'ordre de 0.31 g/poisson/jour a été estimé pour les Tilapia soumis au régime R2 ; par contre ceux soumis aux régimes R3 et R1 n'ont gagné respectivement que 0,26 et 0,21 g/poisson/jour (**tableau II.1**).



**Figure II.2 :** L'évolution de la taille moyenne (cm) des Tilapia *O. niloticus* durant la période expérimentale recevant trois régimes alimentaires (R1, R2 et R3)

Les poissons Tilapia se sont développés et ont gagné en moyenne le double de leur taille durant les 55 jours de l'expérience avec des différences légères selon le régime alimentaire distribué.

Initialement, tous les poissons ont eu une taille approximativement similaire de l'ordre de 4,7 cm. Durant les 15 premiers jours de l'expérience, les poissons Tilapia soumis au R2 et R3 ont eu une taille visiblement supérieure que R1.

La taille moyenne des Tilapia augmente tout au long des jours de l'expérience dans les 3 aquariums jusqu'à atteindre une valeur maximale de 11,59 cm pour le R2 est de 11,13 cm pour le R3 est de 9,97 cm pour le régime témoin (R1).

D'après le **tableau II.2** et la **figure II.2**, du début du nourrissage jusqu'au 20<sup>ème</sup> jour, et du 30<sup>ème</sup> jusqu'à la fin de l'expérience, la croissance des alevins nourris avec le R2 et R3 est supérieure à celle mesurée chez les alevins nourris avec le R1 (témoin). Entre le 20<sup>ème</sup> et 30<sup>ème</sup> jour, la croissance du R2 a diminué en la comparant au R1 et R3. A partir du 33<sup>ème</sup> jour, les Tilapia soumis au R2 ont regagné une croissance active et ont enregistré des valeurs supérieures à ceux du R3 et R1.

Les régimes expérimentaux ont été bien acceptés, l'inclusion de *T.molitor* séchés broyés et congelés aux pourcentages testés dans cette expérience n'a pas affecté négativement les performances de croissance d'*O.niloticus*.

Néanmoins, on a observé que les Tilapias nourris avec *T.molitor* augmentaient d'une manière considérable en terme de poids et taille moyenne par rapport aux poissons nourris avec le régime témoin. Des résultats similaires ont été obtenus pour *Sparus aurata* (daurade royale) alimenté par *T.molitor* (PICCOLO *et al.*, 2014) et pour *O.niloticus* alimenté par les larves *Hermetia illucens* (MUIN *et al.*, 2017)

En effet, selon ANCHEZ-MUROS *et al.* (2017), l'alimentation aux premiers stades de développement avec *T.molitor* à un taux de substitution de 25% affecte positivement la croissance finale d'*O.niloticus*, pour cela, les insectes pourrait être utilisé dans les premiers stades de la croissance du poisson, avec une économie conséquente de la farine de poisson, à condition que la farine de poisson soit utilisée dans les derniers stades du cycle productif.

---

# CONCLUSION

## GENERALE

---



### CONCLUSION GENERALE

Au terme de la présente étude qui s'est assignée comme objectif, l'effet de différents régimes alimentaires sur la croissance des alevins d'*Oreochromis niloticus* et sur les paramètres zootechniques. Ceci pour tenter de résoudre le problème posé par le coût élevé et l'irrégularité de la farine de poisson. Au vu des caractéristiques de la croissance, nous pouvons dans l'état actuel des connaissances, considérer le régime R2 constitué de 75% aliment commercial + 25% vers de faine séchés broyés comme étant le plus intéressant ( $GMQ > 0,3$  g/poisson/J et  $IC > 5$ ).

Nous devons néanmoins reconnaître que l'aliment R2 retenu accuse encore de déficiences en nutriments, ce régime est loin d'être équilibré. La formulation des régimes équilibrés pour l'élevage des poissons obéit à un certain nombre d'exigences nutritionnelles. En particulier pour couvrir les besoins en acides aminés et acides gras indispensables, en minéraux et en vitamines, il est souvent nécessaire de compléter les régimes avec des mélanges contenant ces nutriments. De plus, la technologie de fabrication des aliments de manière à conserver les propriétés nutritionnelles de certains de ces composés et assurer une bonne stabilité dans l'eau et une densité adéquate des granulés doit être bien maîtrisée.

Pour augmenter les performances de la croissance et améliorer la qualité du travail, on recommande -une durée d'expérimentation plus longue que celle étudiée, une étude concernant la sécurité microbienne des insectes durant et après la conservation, des mesures de digestibilité et une analyse de la composition corporelle des poissons, une série d'analyse chimique doit être effectuée tels que la détermination de la matière sèche, détermination de la matière minérale et des matières azotées totales, la détermination des matières grasses et une maîtrise des paramètres physico-chimiques de l'eau viendront compléter ce travail

---

**REFERENCES**

**BIBLIOGRAPHIQUES**

---

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ABANIKANND A, M.F . (2012).** Nutrient digestibility and haematology of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) fed with varying levels of locust (*Locust migratoria*) meal. Bachelor of Aquaculture and Fisheries Management, Federal University of Agriculture, Abeokuta, Ogun State.
- ADEWOLU, M.A. N.B. IKENWEIWE. ET S.M. MULERO. (2010)** .Evaluation of an animal protein mixture as a replacement for fishmeal in practical diets for fingerlings of *Clarias gariepinus*. *Israeli J. Aquacult. Bamidgah*. Vol 62, n°4, pp237–244.
- AKINNAWO, O. ET KETIKU, A.O.(2000).** Chemical composition and fatty acid profile of edible larva of *Cirina fforda* (westwood). *Afr. J. Biomed. Res*. Vol 3, 93–96 pp.
- ALEGBELEYE, W.O. S.O. OBASA, O.O. OLUDE, K. OTUBU. et W. JIMOH. (2012).** Preliminary evaluation of the nutritive value of the variegated grasshopper (*Zonocerus variegatus*) for African catfish *Clarias gariepinus* (Burchell, 1822). *fingerlings. Aquacult. Res*. Vol 43, n° 3, pp412–420.
- ANIEBO, A.O. OWEN, O.J.(2010).** Effects of age and method of drying on the proximate composition of housefly larvae (*Musca domestica*) meal (HFLM). *Pak. J. Nutr.* Vol 9, 485–487 pp .
- AYOOLA, A.A.(2010).** Replacement of fishmeal with alternative protein Source in aquaculture diets. Thesis Degree of Master of Science Faculty of North Carolina State University, North Carolina, USA.
- BALARIN J.D. et HATTON J.D. (1979)** . Tilapia: A guide to their biology and culture in Africa. *Unit of Aquatic Pathobiology* :Stirling University, 174 p
- BALOGUN ,B.I . (2011).** Growth performance and feed utilization of *Clarias gariepinus* (Teugels) fed different dietary levels of soaked *Bauhinia monandra* (Linn.) seed meal and sun-dried locust meal (*Schistocerca gregaria*). *Ph.D., Dep. Biological Sciences*, Faculty of Science, Ahmadu Bello University, Zaria: Nigeria. pp
- BANJO, A.D. LAWAL, O.A. SONGONUGA, E.A.(2006).** The nutritional value of fourteen species of edible insects in southwestern Nigeria. *Afr. J. Biotechnol.* Vol 5, p 298–301.

- BARROSO, F.G. et al. (2014).** The potential of various insect species for use as food for fish *Aquaculture*. Vol 422 n° 423, 193–201p.
- BOWEN S.H.(1982).** Feeding digestion and growth - qualitative consideration. *In*: Pullin R.S.V., Lowe-McConnell R.h. (éds.), The biology and culture of tilapias, , ICLARM conf. proceedings, Manila : Philippines, Vol 7, p 141-156.
- DANIEL E.MEYER.et SUYAPATRIMINIO MEYER. (2007).** *Manuel de reproduction et alevinage de tilapia*. Ecole d'Agriculture Panaméricaine Tegucigalpa :Honduras,p58 .
- DE HARO, C.BARROSO, F.G. HIDALGO, L.SANCHEZ-MUROS,M.J.UCLES, F.,(2011b).** Nutritive adaptation in Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) to *Tenebrio molitor* meal as protein source diet: effect in fish growth and performance. *Aquaculture Europe* (Annual meeting of the European Aquaculture Society): Mediterranean aquaculture 2020, Rhodes, Greece.
- EL-SAYED,A.-F.M.ET TESHIMA,S.(1992).** Protein and energy requirement of Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*, fry. *Aquaculture*. Vol 103, n°1,55-63pp.
- ERICK D. AGUILAR-MIRANDA. MERCEDES G, LO´PEZ, CLARA ESCAMILLA-SANTANA.ET ANA P. BARBA DE LA ROSA.( 2002).** Characteristics of Maize Flour Tortilla Supplemented with Ground *Tenebrio molitor* Larvae *J. Agric. Food Chem*. Vol50, 192-195pp.
- FANDA NGANDEU, J-P. (2012).** Effet du type d'aliment sur la croissance de *Oreochromis niloticus* [en ligne]. *Mémoire d'ingéniorat. Aquaculture. Cameroun :Institut des sciences Halieutiques à Yabassi*. <<http://www.memoireonline.com/01/14/8701/Effet-du-type-d-aliment-sur-la-croissance-de-o-niloticus.html>> (consulté le 31 mars à 19h30 ).
- FISHELSON L. et YARON Z., 1983.** The First International Symposium on tilapia in aquaculture, *Tel Aviv University*, Vol 8, n°13, 624p.
- GASCO, L. BELFORTI, M. ROTOLO, L. LUSSIANA, C. PARISI, G. TEROVA, G. RONCARATI, A. GAI, F. (2014a) .** Mealworm (*Tenebrio molitor*) as a potential ingredient in practical diets for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *In: Abstract Book Conference Insects to Feed The World*, The Netherlands, p 78.
- GASCO, L. GAI, F. PICCOLO, G. ROTOLO, L. LUSSIANA, C. MOLLA, P.CHATZIFOTIS, S. (2014B).** Substitution of fish meal by *Tenebrio molitor* meal in the diet of

*Dicentrarchus labrax* juveniles. In: Abstract Book Conference Insects to Feed The World, *The Netherlands*, p 80.

**GUILLAUME, J. KAUSHIK, S. BERGOT P. METAILLER, R. (2006).** *Nutrition et alimentation des poissons et crustacés*. 2<sup>éd</sup> .France: INRA Éditions.490 p.

**HENRYA ,M. GASCOB ,L. PICCOLOC ,G. FOUNTOULAKIA ,E.(2015).** Review on the use of insects in the diet of farmed fish: Past and future. *Animal Feed Science and Technology* Vol 203, 1–22p.

**IGA-IGA,R.(2008).** Contribution à la mise au point d'aliment pour tilapia *Oreochromis niloticus* à base d'intrants locaux : cas du Gabon. Mémoire de Master. Sciences Halieutiques et Aquacoles. Gabon :Institut de Recherches Agronomiques et Forestières (IRAF),p 47.

**JAUNCEY K. et ROSS B. (1982).** A guide to tilapia feeds and feeding. *Institute of Aquaculture*, University of Strirling:Scotland.111 p.

**KATAYAMA, N.ISHIKAWA, Y.TAKAOKI, M.YAMASHITA, M.NAKAYAMA, S.KIGUCHI, K.KOK, R.WADA, H. MITSUHASHI, J.(2008).** Entomophagy: a key to space agriculture. *Adv. Space Res.* Vol 41, 701–705 pp.

**KAUSHIK, S. J. DOUDET,T.MEDALE,F. AGUIRRE,P. et BLANC,D.(1993).** Estimation of protein and energy needs for maintenance and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) using different criteria. In: Proceedings Abstracts EIFAC Workshop on Methodology for Determination of Nutrient Requirements in fish, Eichenau: Germany, p. 19.

KOJI, F. et NORIHIRO, O.(2007). Blackwell Publishing Asia Development of the embryo, larva and early juvenile of Nile tilapia *Oreochromis niloticus* (Pisces: Cichlidae). Developmental staging system. Japanese Society of Developmental Biologists. pp 301–324

**KUMAR ,P. JAIN,K.K. MUNILKUMAR, S. SUDHAGAR,S.A. (2017) .** Alternate feeding strategies for optimum nutrient utilization and reducing feed cost for semi-intensive practices in aquaculture system-A review. *Agricultural Reviews*. Vol 38 n°2 ,pp145-151

**LIM, C.E. & WEBSTER, C.D.** 2006. Nutrient Requirements. pp. 469-501. In C.E. Lim & C.D. Webster (eds.) *Tilapia Biology, Culture, and Nutrition*. Food Products Press, New York, 678 pp.

**MAKKAR, H-P.S. TRAN,G. HEUZÉ, V. ANKERS, PH. (2014).** State-of-the-art on use of insects as animal feed, *Animal Feed Science and Technology*. Vol197, n°3, p 1-33.

- MELARD, Ch. (1986).** Les bases biologiques de l'élevage intensif du tilapia du Nil. *Cahiers d'Ethologie appliquée*. Vol 6, n°3, 224p.
- Mile, R.D., Chapman, F.A., 2006.** The Benefits of Fish Meal in Aquaculture Diets. The fish site.
- MJ,S-M . DE HARO, C.LUIS GUIL ,J. ET BARROSO ,F.(2017).**Effect of Feeding in Juvenile Tilapia (*Oreochromis niloticus*) with Diet Contain *Tenebrio molitor* meal (Order coleoptera) .*Ann AquacRes*.Vol 4,n°3, 1-11p.
- MORIARTY C.D.(1973).**The physiology of digestion of blue-green algae in the cichlid fish *Tilapia nilotica*.*J. Zool*.Vol171, n°1, p 25-40.
- NEWTON, L., C. SHEPPARD, D.W. WATSON, G. BURTLE, AND R. DOVE.(2005).** Using the black soldier fly, *Hermetia illucens*, as a value-added tool for the management of swine manure.*Report for Mike Williams, Director of the Animal and Poultry Waste Management Center: North Carolina State University*, 1-19pp.
- NG, W.K.LIEW, F.L. ANG, L.P. WONG, K.W. (2001) .**Potential of mealworm (*Tenebrio molitor*) as an alternative protein source in practical diets for African catfish, *Clarias gariepinus*.*Aquacult. Res*. Vol 32, n° 1, pp 273–280.
- Ogunji, J.O., Kloas, W., Wirth, M., Schulz, C., Rennert, B., 2006. Housefly Maggot Meal (Magmeal): An Emerging Substitute of Fishmeal in Tilapia Diets. Conference on International Agricultural Research for Development; DeutscherTropentag, Bonn, Germany.
- OGUNJI, J.O.KLOAS, W.WIRTH, M. NEUMANN, N. PIETSCH, C. (2008) .**Effect of housefly maggot meal (magmeal) diets on the performance, concentration of plasma glucose, cortisol and blood characteristics of *Oreochromis niloticus* fingerlings. *J. Anim. Physiol. Anim. Nutr.* Vol 92, 511–518 pp.
- OGUNJI, J.O., W. KLOAS, M. WIRTH, C. SCHULZ, AND B. RENNERT. (2008a)** .Housefly maggot meal (magmeal) as a protein source for *Oreochromis niloticus*. *Asian Fish. Sci*.Vol21,pp319–331.
- OONINCX, GAB Dennis et DE BOER. (2012).**Environmental impact of the production of mealworms as a protein source for humans—a life cycle assessment.*PloSone*.Vol. 7, n°12, p.6

- PICCOLO, G. MARONO, S. GASCO, L. IANNACCONE, F. BOVERA, F. NIZZA, A. (2014).** Use of *Tenebrio molitor* larvae meal in diets for gilthead sea bream *Sparus aurata* juveniles. In: Abstract Book Conference Insects to Feed The World, The Netherlands, p 76.
- RUDY CAPARROS, M. TAOFIC, A. STEPHANE, L. LOUXINGER, A. ÉRIC, H. ET FREDERIC, F. (2015).** Risques et valorisation des insectes dans l'alimentation humaine et animale, *Annales de la Société entomologique de France (N.S.)*. Vol 51, n°3, pp 215-258.
- RUMPOLD B-A. et SCHLÜTER O. (2013a).** Nutritional composition and safety aspects of edible insects. *Molecular nutrition & food research*. Vol 57, n°5, 802-823 pp.
- SÁNCHEZ-MUROS MARIA JOSÉ. SANZ ANA. TRENZADO CRISTINA E (2015).** Nutritional evaluation of *Tenebrio molitor* meal as fishmeal substitute for tilapia (*Oreochromis niloticus*) diet, *Aquaculture Nutrition*, p 1-12.
- SANTIAGO, C.S. et LOVELL, R.T. (1988).** Effects of varying dietary crude protein levels on growth and spawning frequency of *T. nilotica* breeders. *SEAFDEC*. Vol 7 n°5, 30 p.
- SEALEY, W.M. GAYLORD, T.G. BARROWS, F.T. TOMBERLIN, J.K. MCGUIRE, M.A. ROSS, C. ST- HILAIRE, S. (2011).** Sensory analysis of rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*, fed enriched black soldier fly prepupae, *Hermetia illucens*. *J. World Aquacult. Soc.* Vol 42, p 34-45.
- TACON, A.G.J. (1993).** Feed ingredients for warm water fish: fish meal and other processed feedstuffs. *FAO Fish. Circ.* 856 p.
- TAKECHI, T. SATOH, S. et WATANABE, W. (1983).** Dietary lipids suitable for practical feed of *Tilapia nilotica*. *Bull. Jap. Soc. Sci. Fish.* Vol 49, n°9, 1361-1365.
- TREWAVAS, E. (1983).** Tilapiine Fishes of the Genera *Sarotherodon*, *Oreochromis* and *Danakilia*. *British Museum Nat. Hist*, 583p.
- TRI, N. NGUYEN. ET D. ALLEN, DAVIS. (2009).** Evaluation of Alternative Protein Sources to Replace Fish Meal in Practical Diets for Juvenile Tilapia, *Oreochromis* spp, *journal of the world aquaculture society*. Vol. 40, n° 1. 114-118pp.
- VAN HUIS, A. VAN ITTERBEECK, J. KLUNDER, HARMKE. MERTENS, E. HALLORAN, A. MUIR, G. (2014).** Insectes comestibles: Perspectives pour la sécurité alimentaire

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

et l'alimentation animale, *FAO* .organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture :Rome, 171p.

**WELCOMME R.L. (1988).**International introductions of inland aquatic species.*FAO Fish Techn*,318 p.

**ZAATOUT,R.(2007).**Effet du régime alimentaire sur la croissance des alevins de *Tilapia nilotica*. Thèse de doctorat. Production Animale. Ouargla : Faculté des sciences et sciences de l'ingénieur,p91.



---

# ANNEXES

---

ANNEXES A : les tableaux représentant l'analyse statistique effectuée

|            |      | Aquarium1 |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |
|------------|------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|
|            |      | J1        |          | J2        |          | J3        |          | J4        |          | J5        |          | J6        |          | J7        |          | J8        |          | J9        |          | J10       |          | J11       |          | J12       |          | J13       |          |           |
|            |      | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        |
|            |      | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille |
| la moyenne | 4,63 | 2,15      | 4,39     | 2,27      | 5,25     | 2,75      | 5,85     | 3,8       | 6,27     | 4,52      | 6,85     | 5,36      | 7,61     | 7,15      | 7,85     | 7,77      | 8,61     | 10,52     | 8,68     | 11,21     | 9,41     | 12,41     | 9,94     | 13,15     | 9,96     | 13,74     |          |           |
|            | 0,4  | 0,54      | 0,38     | 0,6       | 0,8      | 0,7       | 0,62     | 1,1       | 0,75     | 1,51      | 0,96     | 2,05      | 0,99     | 2,67      | 1,06     | 3,15      | 1,07     | 4,03      | 1,12     | 4,15      | 1,31     | 4,16      | 1,37     | 4,14      | 1,11     | 4,17      |          |           |
|            | 0,16 | 0,29      | 0,14     | 0,36      | 0,64     | 0,49      | 0,38     | 1,21      | 0,56     | 2,28      | 0,92     | 4,20      | 0,98     | 7,13      | 1,12     | 9,92      | 1,14     | 16,24     | 1,25     | 17,22     | 1,72     | 17,31     | 1,88     | 17,14     | 1,23     | 17,39     |          |           |
|            | 8,64 | 25,12     | 7,62     | 26,43     | 15,24    | 25,45     | 10,60    | 28,35     | 11,96    | 33,41     | 14,01    | 38,25     | 13,01    | 37,34     | 13,50    | 40,54     | 12,43    | 38,31     | 12,90    | 37,02     | 13,92    | 33,52     | 13,78    | 31,48     | 11,14    | 30,35     |          |           |

|            |       | Aquarium2 |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |
|------------|-------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|            |       | J1        |          | J2        |          | J3        |          | J4        |          | J5        |          | J6        |          | J7        |          | J8        |          | J9        |          | J10       |          | J11       |          | J12       |          | J13       |          |
|            |       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 12        | 12       | 12        | 12       | 12        | 12       | 12        | 12       | 12        | 12       | 12        | 12       | 12        | 12       | 12        | 12       |
|            |       | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids |
| la moyenne | 4,63  | 2,14      | 5,22     | 2,51      | 5,67     | 3,18      | 6,2      | 3,91      | 6,42     | 4,47      | 6,78     | 5,19      | 7,4      | 6,67      | 8,09     | 8,84      | 8,98     | 11,56     | 9,28     | 13,49     | 10,33    | 15,25     | 11,05    | 17,57     | 11,59    | 19,1      |          |
|            | 0,58  | 0,77      | 0,58     | 0,85      | 0,69     | 1,19      | 0,64     | 1,14      | 0,67     | 1,42      | 0,55     | 1,29      | 0,76     | 1,73      | 0,74     | 2,72      | 1,01     | 4,13      | 1,25     | 5,11      | 1,41     | 5,18      | 1,56     | 5,36      | 1,71     | 5,4       |          |
|            | 0,34  | 0,59      | 0,34     | 0,72      | 0,48     | 1,42      | 0,41     | 1,30      | 0,45     | 2,02      | 0,30     | 1,66      | 0,58     | 2,99      | 0,55     | 7,40      | 1,02     | 17,06     | 1,56     | 26,11     | 1,99     | 26,83     | 2,43     | 28,73     | 2,92     | 29,16     |          |
|            | 12,53 | 35,98     | 11,11    | 33,86     | 12,17    | 37,42     | 10,32    | 29,16     | 10,44    | 31,77     | 8,11     | 24,86     | 10,27    | 25,94     | 9,15     | 30,77     | 11,25    | 35,73     | 13,47    | 37,88     | 13,65    | 33,97     | 14,12    | 30,51     | 14,75    | 28,27     |          |

| n          |      | Aquarium3 |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |           |          |
|------------|------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|-----------|----------|
|            |      | J1        |          | J2        |          | J3        |          | J4        |          | J5        |          | J6        |          | J7        |          | J8        |          | J9        |          | J10       |          | J11       |          | J12       |          | J13       |          |
|            |      | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       | 15        | 15       |
|            |      | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids | la taille | Le poids |
| la moyenne | 4,74 | 2,15      | 5,28     | 2,52      | 5,61     | 3,17      | 6,13     | 3,89      | 6,59     | 4,74      | 7,21     | 5,92      | 7,69     | 7,44      | 8        | 8,95      | 8,72     | 10,6      | 8,98     | 12,21     | 10,01    | 14,52     | 10,55    | 15,74     | 11,13    | 16,68     |          |
|            | 0,42 | 0,62      | 0,5      | 0,74      | 0,6      | 1,07      | 0,66     | 1,44      | 0,73     | 1,62      | 0,73     | 1,87      | 0,84     | 2,3       | 0,95     | 3,34      | 1,2      | 4,15      | 1,22     | 4,76      | 1,37     | 5,4       | 1,59     | 5,56      | 1,63     | 5,59      |          |
|            | 0,18 | 0,38      | 0,25     | 0,55      | 0,36     | 1,14      | 0,44     | 2,07      | 0,53     | 2,62      | 0,53     | 3,50      | 0,71     | 5,29      | 0,90     | 11,16     | 1,44     | 17,22     | 1,49     | 22,66     | 1,88     | 29,16     | 2,53     | 30,91     | 2,66     | 31,25     |          |
|            | 8,86 | 28,84     | 9,47     | 29,37     | 10,70    | 33,75     | 10,77    | 37,02     | 11,08    | 34,18     | 10,12    | 31,59     | 10,92    | 30,91     | 11,88    | 37,32     | 13,76    | 39,15     | 13,59    | 38,38     | 13,69    | 37,19     | 15,07    | 35,32     | 14,65    | 33,51     |          |

---

|                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| Entre Ag 1 et 2 :                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| comparaison entre deux variances |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Test de Fisher                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| ddl 1                            | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14     | 14     | 11     | 11     | 11     | 11     | 11     | 11     | 11     | 11     | 11     |
| ddl 2                            | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 11   | 11   | 11   | 11   | 11   | 11     | 11     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     |
| Fc                               | 2,10 | 2,03 | 2,33 | 2,01 | 1,34 | 2,89 | 1,07 | 1,07 | 1,25 | 1,13 | 3,05 | 2,53 | 1,70 | 2,38 | 2,05 | 1,3412 | 1,1223 | 1,0502 | 1,2456 | 1,5162 | 1,1585 | 1,5505 | 1,2966 | 1,6762 | 2,3733 | 1,6769 |
| Ft                               | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,74 | 2,74 | 2,74 | 2,74 | 2,74 | 2,7386 | 2,7386 | 2,5655 | 2,5655 | 2,5655 | 2,5655 | 2,5655 | 2,5655 | 2,5655 | 2,5655 | 2,5655 |
| Comparaison entre deux moyennes  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Test de Student                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $\sigma_e^2$                     | 0,27 | 0,47 | 0,26 | 0,58 | 0,60 | 1,02 | 0,43 | 1,34 | 0,54 | 2,30 | 0,70 | 3,32 | 0,87 | 5,71 | 0,34 | 3,50   | 1,18   | 17,33  | 1,50   | 22,87  | 1,38   | 23,26  | 2,29   | 24,07  | 2,14   | 24,43  |
| $\sigma_d$                       | 0,19 | 0,25 | 0,19 | 0,28 | 0,28 | 0,37 | 0,24 | 0,42 | 0,27 | 0,55 | 0,32 | 0,71 | 0,36 | 0,33 | 0,37 | 1,19   | 0,42   | 1,64   | 0,47   | 1,85   | 0,55   | 1,87   | 0,59   | 1,30   | 0,57   | 1,91   |
| Tc                               | 0,00 | 0,04 | 1,24 | 0,86 | 1,49 | 1,17 | 1,47 | 0,26 | 0,56 | 0,09 | 0,22 | 0,24 | 0,58 | 0,52 | 0,64 | 0,30   | 0,88   | 0,63   | 1,26   | 1,23   | 1,69   | 1,52   | 1,89   | 2,33   | 2,88   | 2,80   |
| Tt                               | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,06 | 2,06 | 2,06 | 2,06 | 2,06 | 2,06   | 2,06   | 2,06   | 2,06   | 2,06   | 2,06   | 2,06   | 2,06   | 2,06   | 2,06   | 2,06   |
| Entre Ag 1 et 3 :                |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| comparaison entre deux variances |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Test de Fisher                   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| ddl 1                            | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     |
| ddl 2                            | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14   | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     | 14     |
| Fc                               | 1,10 | 1,32 | 1,73 | 1,52 | 1,78 | 2,34 | 1,13 | 1,71 | 1,06 | 1,15 | 1,73 | 1,20 | 1,39 | 1,35 | 1,24 | 1,12   | 1,26   | 1,06   | 1,19   | 1,32   | 1,09   | 1,69   | 1,35   | 1,80   | 2,16   | 1,80   |
| Ft                               | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48 | 2,48   | 2,48   | 2,48   | 2,48   | 2,48   | 2,48   | 2,48   | 2,48   | 2,48   | 2,48   | 2,48   |
| Comparaison entre deux moyennes  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| Test de Student                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
|                                  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |        |
| $\sigma_e^2$                     | 0,18 | 0,36 | 0,21 | 0,49 | 0,54 | 0,88 | 0,44 | 1,76 | 0,59 | 2,63 | 0,78 | 4,12 | 0,90 | 6,65 | 1,09 | 11,29  | 1,38   | 17,33  | 1,47   | 21,36  | 1,32   | 24,89  | 2,36   | 25,74  | 2,08   | 26,06  |
| $\sigma_d$                       | 0,16 | 0,22 | 0,17 | 0,25 | 0,27 | 0,34 | 0,24 | 0,48 | 0,28 | 0,59 | 0,32 | 0,74 | 0,35 | 0,34 | 0,38 | 1,23   | 0,43   | 1,55   | 0,44   | 1,69   | 0,51   | 1,82   | 0,56   | 1,85   | 0,53   | 1,86   |
| Tc                               | 0,71 | 0,00 | 1,73 | 0,38 | 1,35 | 1,23 | 1,16 | 0,19 | 1,14 | 0,37 | 1,12 | 0,76 | 0,23 | 0,31 | 0,39 | 0,36   | 0,26   | 0,05   | 0,68   | 0,59   | 1,18   | 1,16   | 1,09   | 1,40   | 2,22   | 1,58   |
| Tt                               | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05 | 2,05   | 2,05   | 2,05   | 2,05   | 2,05   | 2,05   | 2,05   | 2,05   | 2,05   | 2,05   | 2,05   |

---

# RESUMÉ

---

## RESUMÉ

Afin de réduire la pression par la pêche sur les ressources halieutiques destinées à la production de la farine et des huiles de poisson utilisées en aquaculture et la compétition vis-à-vis de l'Homme, cette étude réalisée à la station expérimentale de l'Ecole Nationale des Sciences de la Mer et l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL) durant la période de Juin à Août, a pour but de tester l'effet du type d'aliment sur la croissance de *Oreochromis niloticus*. A cet effet, les Tilapia ont été soumis à trois régimes alimentaires : aliment commercial 43% de protéines brutes (**R1**) ; 75% aliment commercial + 25% vers de farine séchés broyés (**R2**) et 75% aliment commercial + 25% vers de farine congelés découpés (**R3**).

Les juvéniles de Tilapia de poids moyen initial de  $1,23 \pm 0,2$  g ont été répartis en 3 aquariums et nourris en ordre avec R1, R2 et R3 pendant 55 jours. Les aliments ont été distribués manuellement 4 fois par jour, tous les jours de la semaine. Des mesures de poids et de taille ont été effectuées chaque 4 jours et les rations alimentaires réajustées selon les besoins de chaque stade de développement.

A la fin de l'expérience, les poids moyens obtenus ont été significativement différents, classés en ordre décroissant : R2 ( $19,1 \pm 5,4$ g) ; R3 ( $16,7 \pm 5,6$  g) et R1 ( $13,7 \pm 4,2$  g) et les tailles moyennes de R2 ( $11,6 \pm 1,7$  mm) ; R3 ( $11,1 \pm 1,6$  mm) et R1 ( $10,0 \pm 1,1$  mm). Les taux de croissance spécifiques calculés variaient de 4,0 ; 3,7 et 3,4%/j et les taux de conversion respectifs correspondaient à 5,3 ; 7,1 et 8,2.

Le régime R2 présente de meilleurs résultats selon les différents paramètres zootechniques calculés. Tout de même, des études sur l'analyse chimique des ingrédients et l'analyse de la qualité nutritionnelle des Tilapia devraient compléter le présent travail.

**Mots-clés** : Régime alimentaire, Tilapia *O. niloticus*, vers de farine, performances de croissance

## Abstract

In order to reduce the fishing pressure on fish resources for the production of flour and fish oils used in aquaculture and competition with humans, this study carried out at the experimental station of the National School of Marine Sciences and Coastal Development (ENSSMAL) during the period from June to August, aims to test the effect of the type of food on the growth of *Oreochromis niloticus*. To this end, Tilapia were fed three diets: commercial feed 43% crude protein (R1), 75% commercial food + 25% dried mealworms (R2) and 75% commercial food + 25% frozen mealworms (R3).

Tilapia juveniles with an initial average weight of  $1.23 \pm 0.2$  g were divided into 3 aquariums and fed in order with R1, R2 and R3 for 55 days. Foods were manually distributed 4 times a day, every day of the week. Weight and length measurements were taken every 4 days and food rations readjusted according to the needs of each stage of development.

At the end of the experiment, the mean weights obtained were significantly different, ranked in descending order: R2 ( $19.1 \pm 5.4\text{g}$ ), R3 ( $16.7 \pm 5.6\text{g}$ ) and R1 ( $13.7 \pm 4.2\text{ g}$ ) and average sizes of R2 ( $11.6 \pm 1.7\text{ mm}$ ); R3 ( $11.1 \pm 1.6\text{ mm}$ ) and R1 ( $10.0 \pm 1.1\text{ mm}$ ). The calculated specific growth rates ranged from 4.0; 3.7 and 3.4% / day and the respective conversion rates were 5.3; 7.1 and 8.2.

The R2 diet presents better results according to the different calculated zootechnical parameters. Nevertheless, studies on the chemical analysis of the ingredients and the analysis of the nutritional quality of the Tilapia should complete the present work.

**Keywords:** Diet, Tilapia *O.niloticus*, mealworms, growth performance

## ملخص

من أجل الحد من ضغط الصيد على الموارد السمكية لإنتاج الدقيق وزيت السمك المستخدمة في تربية الأحياء المائية ، أجريت هذه الدراسة في محطة تجريبية من المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل خلال الفترة الممتدة من جوان الى اوت ، ويهدف إلى اختبار تأثير نوع الطعام على نمو أوريوكروميس النيلبي ولتحقيق هذه الغاية، تم تغذية البلطي بثلاثة وجبات غذائية: غذاء تجاري 43% بروتين خام، 75% غذاء تجاري + 25% ميلوورمس مجمد، 75% غذاء تجاري + 25% ميلوورمس مجفف،

لمدة 55 يوما و تم تقسيم صغار البلطي بمتوسط وزن أولي قدره  $0.2 \pm 1.23\text{ غ}$  إلى 3 أحواض و تم توزيع الأطعمة يدويا 4 مرات في اليوم، كل يوم من أيام الأسبوع. وقد أخذت قياسات الوزن والطول كل 4 أيام وتم تعديل الحصص الغذائية وفقا لاحتياجات كل مرحلة من مراحل التطور.

في نهاية التجربة، كان متوسط الأوزان التي تم الحصول عليها مختلفا بشكل كبير، مرتبة بترتيب تنازلي وتراوحت معدلات النمو المحددة المحسوبة من 4.0، 3.7 و 3.4% في اليوم وكانت معدلات التحويل ذات الصلة 5.3؛ 7.1 و 8.2

لهذا فالنظام الغذائي الثاني له نتائج أفضل وفقا لمختلف المعلمات الحسابية. لكن دراسات معمقة حول التحليل الكيميائي للمكونات وتحليل الجودة الغذائية للبلطي يجب أن تستكمل العمل الحالي

**الكلمات الرئيسية:** الحمية، البلطي، ميلوورمس ، وأداء النمو

