

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية  
République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي  
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر وتهيئة الساحل  
École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral



MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLÔME D'INGÉNIEUR  
EN SCIENCES DE LA MER

OPTION : Aquaculture

Thème :

**Alimentation des poissons Tilapia au stade juvénile à base  
d'un aliment fabriqué avec des ressources locales**

Présenté par :

- RECHIDI Abdelkader

Soutenu le 24 / 09 / 2018 devant le jury suivant :

M. KADA M.	Maître Assistant A	(ENSSMAL)	Président
M. AIT SAIDIA.	Maître de conférences B	(ENSSMAL)	Promoteur
M. LOURGUIOUI H.	Maître Assistant A	(ENSSMAL)	Examineur
Mme. KAIDI N.	Maître Assistant B	(ENSSMAL)	Examinatrice

Promotion : 2018



# Dédicace

À mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leur amour, leur tendresse, leur soutien et leurs prières tout au long de mes études,

À ma chère sœur, Karima, son mari Mohammed, et ses petits-fils Amine et Rayan,

À ma chère sœur Sara, et son mari Zaweich,

À ma chère sœur Wissam,

À mon petit frère Karim,

À mon cher, R. Kamza, pour son appui et ses encouragements,

À ma grand-mère Zohra, et mon oncle Mohammed,

À toute ma famille pour leur soutien tout au long de mon parcours universitaire,

À mes chers (es) amis (es) : Abir, Nesrine, Kamza, Zaki, Ayoub, Walid, Abdou . . .

Que ce travail soit l'accomplissement de vos vœux tant allégués, et le fruit de votre soutien infailible,

Merci d'être toujours là pour moi.

## Remerciements

Avant tout, je remercie Dieu le tout puissant, le miséricordieux de m'avoir donné le courage, la volonté et la patience pour terminer ce travail.

Ces quelques lignes me permettront de remercier les responsables et les personnes qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail, tant au niveau scientifique qu'au niveau personnel.

Ce travail a été rendu possible grâce au soutien qui m'a accordé par les responsables et toute l'équipe pédagogique de l'Ecole Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et de l'Aménagement du Littoral (ENSSMAL), qu'ils trouvent ici l'expression de ma sincère reconnaissance.

Je voudrais dans un premier temps remercier, mon promoteur « M.AIT SAIDI », pour sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je tiens à remercier « M. KADA », qui m'a fait l'honneur d'accepter de présider le jury.

Ainsi, je remercie vivement « M. LOURGUIOUI » et « Mme. KAIDI » d'avoir accepté d'examiner mon travail et de faire partie de ce jury.

Un grand merci à « Mme. HADDOUME » responsable technique chez l'Office National des Aliments du Bétail (ONAB), pour son aide.

Je tiens à exprimer ma vive gratitude à tous mes enseignants, depuis la première année, jusqu'à la cinquième année universitaire.

Ce modeste travail, n'avait jamais pu se réaliser sans le soutien continu de ma petite famille et sans leur éducation basé sur des valeurs morales fondées sur le respect des autres et du travail.

Je remercie chaleureusement le responsable de la station expérimentale de l'ENSSMAL, HASSAN pour ses précieux conseils.

Je voudrais tout particulièrement remercier toutes les personnes rencontrées dans le laboratoire et n'ayant jamais cillé pour m'apporter leur aide précieuse, commençant par AMINA l'ingénieure de laboratoire d'aquaculture, passant par HOUDA ingénieure de laboratoire de biochimie, à YASMINE l'ingénieure de laboratoire de microbiologie.

## Liste des abréviations

**MADRP** : Ministère de l'Agriculture, du développement rural et de la pêche

***O. niloticus*** : *Oreochromis niloticus*.

**psu** : unité de salinité pratique.

**C.M.V** : Complément Minéral et Vitaminique.

**g** : gramme.

**ml** : millilitre.

**l** : litre.

**cm** : centimètre.

**g/j** : gramme par jour.

**g/l** : gramme par litre.

**M.E.S** : matières en suspension.

**pH** : potentiel d'hydrogène.

**EN** : d'énergie nette.

**±** : plus ou moins.

**°C** : degré Celsius.

**Kj/g** : kilojoule/ gramme.

**mg/kg** : milligramme/ kilogramme.

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

**h** : heure.

**j** : jour.

**O<sub>2</sub> dissous** : oxygène dissous.

**Pm** : poids moyen.

**Tm** : taille moyenne.

## Liste des figures

<b>Figure 1.1 :</b> Tilapia du Nil, <i>Oreochromis niloticus</i> .....	6
<b>Figure 1.2 :</b> Anatomie du Tilapia de Nil.....	9
<b>Figure 1.3 :</b> Répartition géographique originelle et introduction d' <i>Oreochromis niloticus</i> en Afrique.....	10
<b>Figure 1.4 :</b> Pourcentage de la production aquacole mondiale des tilapias selon les espèces.....	21
<b>Figure 2.1:</b> Étapes de fabrication de la farine de poisson.....	32
<b>Figure 2.2:</b> Ingrédients de l'aliment fabriqué.....	32
<b>Figure 2.3 :</b> Dosage de différents ingrédients.....	33
<b>Figure 2.4 :</b> Mélange des ingrédients à la main.....	33
<b>Figure 2.5 :</b> Autoclavage du mélange.....	34
<b>Figure 2.6 :</b> Granulé de 1 mm.....	34
<b>Figure 2.7 :</b> Séchage et conditionnement de l'aliment fabriqué.....	35
<b>Figure 2.8 :</b> Étapes de la méthode NNP.....	36
<b>Figure 2.9 :</b> Étapes de la minéralisation jusqu'à l'obtention d'une couleur limpide.....	37
<b>Figure 2.10 :</b> Filtration et dilution du minéralisat.....	38
<b>Figure 2.11 :</b> L'appareil de « Behr, Labor-Technik » durant la distillation.....	38
<b>Figure 2.12 :</b> Titration de la solution obtenue.....	38
<b>Figure 2.13 :</b> Extraction et dosage des lipides.....	39
<b>Figure 2.14 :</b> Étapes de la méthode AOAC (taux d'humidité).....	40
<b>Figure 2.15 :</b> Lyophilisateur, et chair du Tilapia lyophilisée.....	41
<b>Figure 2.16 :</b> Aquarium d'élevage ensemencé d'alevins de Tilapia pour débiter l'expérience..	41
<b>Figure 2.17 :</b> Balance électronique (à gauche), et pied à coulisse (à droite) pour la mesure du poids et de la taille des alevins.....	42
<b>Figure 2.18 :</b> Mesure quotidienne de la température.....	45
<b>Figure 3.1.a :</b> Évolution des ions Nitrites dans les deux aquariums.....	53
<b>Figure 3.1.b :</b> Évolution des ions Nitrates dans les deux aquariums.....	53
<b>Figure 3.1.c :</b> Évolution l'ammoniaque total dans les deux aquariums.....	54

**Figure 3.2 :** Évolution du poids moyen (g) des Tilapia *O. niloticus* durant la période expérimentale recevant deux régimes alimentaires (R1 et R2).....57

**Figure 3.3:** Évolution de la taille moyenne (cm) des Tilapia *O. niloticus* durant la période expérimentale recevant deux régimes alimentaires (R1 et R2).....58

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1.1</b> : Optimum des nitrites, nitrates ammoniacque et MES sur le Tilapia du Nil.....	12
<b>Tableau 1.2</b> : Taille du Tilapia de Nil selon les milieux de vie.....	14
<b>Tableau 1.3</b> : Taille du Tilapia de Nil selon le sexe et l'âge, dans le Lac Itasy à Madagascar....	14
<b>Tableau 1.4</b> : Besoins théoriques en protéines pour le Tilapia du Nil.....	15
<b>Tableau 1.5</b> : Besoins quantitatifs en acides aminés essentiels du Tilapia du Nil.....	16
<b>Tableau 1.6</b> : Besoins théoriques en lipides du Tilapia du Nil.....	17
<b>Tableau 1.7</b> : Besoins théoriques en glucides et en fibres d' <i>O. niloticus</i> .....	17
<b>Tableau 1.8</b> : Besoins vitaminiques de Tilapia du Nil.....	18
<b>Tableau 1.9</b> : Besoins du Tilapia du Nil en minéraux.....	18
<b>Tableau 1.10</b> : Composition chimique et valeur nutritionnelle de 100g du chair du tilapia du Nil.....	20
<b>Tableau 1.11</b> : Production du Tilapia de Nil par pays.....	22
<b>Tableau 1.12</b> : Composition de CMV de l'ONAB.....	25
<b>Tableau 1.13</b> : Composition chimique et analyse du cycle de vie de chaque matière première..	26
<b>Tableau 1.14</b> : Qualité physique et nutritionnelle du granulé par rapport aux types de traitement thermique.....	29
<b>Tableau 2.1</b> : Origine de chaque matière première.....	30
<b>Tableau 2.2</b> : Constitution des lots et rations alimentaires distribuées.....	42
<b>Tableau 2.3</b> : Données initiales sur l'expérience.....	43
<b>Tableau 2.4</b> : Quantités d'aliment distribuées aux alevins des deux aquariums pendant la période expérimentale.....	44
<b>Tableau 3.1</b> : Résultats d'analyse de la formule d'essai traitée par le logiciel <b>INRAtion</b> .....	50
<b>Tableau 3.2</b> : Analyses microbiologiques de l'aliment fabriqué et les normes sanitaires standards de l'ONAB.....	51
<b>Tableau 3.3</b> : Analyses biochimiques des 2 aliments ( <b>A.C</b> , commercial ; <b>A.F</b> , fabriqué), et de la chair des poissons Tilapia.....	51
<b>Tableau 3.4</b> : Mesures des sels nutritifs de l'eau des aquariums .....	52

<b>Tableau 3.5:</b> Paramètres zootechniques chez les alevins d' <i>O. niloticus</i> recevant 2 régimes alimentaires différents.....	55
<b>Tableau 3.6:</b> Tailles moyennes et poids moyens des poissons Tilapia soumis aux 2 régimes alimentaires.....	56
<b>Tableau 3.7 :</b> Vitesse moyenne de croissance (Tangente) $\Delta P_{mi}/\Delta T_i$ en Poids moyen des Tilapia soumis aux 2 régimes alimentaires.....	57

## Table des matières

Dédicace.....	I
Remerciement.....	II
Liste des abréviations.....	III
Liste des figures.....	IV
Liste des tableaux.....	V
Introduction.....	2

### Chapitre I : Étude bibliographique

<b>I. Caractéristiques taxonomiques et morphologiques.....</b>	<b>4</b>
I.1. Systématique de l'espèce.....	4
I.2. Morphologie.....	5
I.3. Anatomie du Tilapia du Nil.....	6
I.4. Répartition géographique.....	9
I.5. Paramètres de tolérance.....	10
I.6. Régime alimentaire.....	12
I.7. Mécanisme de digestion.....	13
I.8. Croissance.....	14
I.9. Biologie de la reproduction.....	14
<b>II. Besoin nutritionnels du Tilapia du Nil.....</b>	<b>14</b>
II.1. Protéines.....	15
II.2. Lipides.....	16
II.3. Glucides.....	17
II.4. Vitamines.....	17
II.5. Minéraux.....	18
II.6. Energie.....	18
II.7. Composition chimique globale et valeur nutritionnelle de la chair du tilapia.....	19
II.8. Production mondiale du Tilapia de Nil.....	21

<b>III. Formulation des aliments en aquaculture.....</b>	<b>23</b>
<b>III.1 Choix des matières premières utilisées.....</b>	<b>23</b>
<b>III.2. Opérations de fabrication d'un aliment extrudé.....</b>	<b>27</b>

## **Chapitre II : Matériels et Méthodes**

<b>I. Formulation de l'aliment.....</b>	<b>30</b>
<b>I.1. Provenance de chaque matière première.....</b>	<b>30</b>
<b>I.2. Fabrication de la farine de poisson.....</b>	<b>30</b>
<b>I.3. Préparation des ingrédients.....</b>	<b>32</b>
<b>II. Fabrication d'un aliment extrudé.....</b>	<b>32</b>
<b>II.1. Dosage (pesage).....</b>	<b>32</b>
<b>II.2. Mélange.....</b>	<b>33</b>
<b>II.3. Cuisson-stérilisation.....</b>	<b>33</b>
<b>II.4. Séchage et conditionnement .....</b>	<b>34</b>
<b>III. Analyses microbiologiques et biochimiques de l'aliment fabriqué .....</b>	<b>34</b>
<b>III.1. Analyses microbiologiques.....</b>	<b>35</b>
<b>III.2. Analyses biochimiques.....</b>	<b>35</b>
<b>IV. Élevage et le suivi des alevins.....</b>	<b>37</b>
<b>IV.1. Constitution des lots d'aquarium et des régimes alimentaires.....</b>	<b>42</b>
<b>IV. 2. Mesures effectuées .....</b>	<b>42</b>
<b>IV.3. Ration et fréquence de nourrissage.....</b>	<b>43</b>
<b>IV.4. Qualité de l'eau d'élevage.....</b>	<b>44</b>
<b>V. Performances zootechniques.....</b>	<b>45</b>
<b>V.1. Gain de Poids Moyen (GPM).....</b>	<b>45</b>
<b>V.2. Taux de Croissance Spécifique (TCS).....</b>	<b>46</b>
<b>V.3. Gain Moyen Quotidien (GMQ) .....</b>	<b>46</b>
<b>V.4. Taux de survie (TS en %) .....</b>	<b>46</b>
<b>V.5. Indice de Conversion de l'aliment (IC).....</b>	<b>46</b>
<b>VII. Analyse statistique.....</b>	<b>47</b>

## **Chapitre III : Résultats et Discussion**

<b>I. Analyse d'efficacité de la formule de l'aliment par le logiciel INRation.....</b>	<b>50</b>
<b>II. Aspect et analyses microbiologiques et biochimiques des aliments.....</b>	<b>50</b>
<b>II.1. Stabilité de l'aliment.....</b>	<b>50</b>
<b>II.2. Discussion des résultats microbiologiques obtenus.....</b>	<b>50</b>
<b>II.3. Discussion des résultats biochimiques obtenus.....</b>	<b>51</b>
<b>III. Caractéristiques de milieu d'élevage.....</b>	<b>52</b>
<b>IV. Performances zootechniques.....</b>	<b>55</b>
<b>IV.1. Taux de survie.....</b>	<b>55</b>
<b>IV.2. La croissance des Tilapias.....</b>	<b>55</b>
<b>Conclusion.....</b>	<b>60</b>
<b>Bibliographie.....</b>	<b>62</b>
<b>Annexes.....</b>	<b>68</b>

# **Introduction**



**Introduction**

L'aquaculture est considérée de plus en plus comme partie intégrante des moyens utilisés pour assurer la sécurité alimentaire et le développement économique des pays. Elle fournit un aliment riche et équilibré, et source importante de protéines animales.

L'Algérie accorde une importance particulière au développement de l'aquaculture d'eau douce où cette dernière connaît actuellement un essor important en matière de production. Elle a mis en place une stratégie de valorisation de ses ressources, où plusieurs plans de développement ont été élaborés permettant ainsi le démarrage de plusieurs projets privés d'aquaculture d'eau douce. Outre les retenues et les barrages, les bassins d'irrigation sont considérés le principal système d'intégration de la pisciculture à l'agriculture. Ceux de la région saharienne sont désormais exploités pour l'élevage semi-intensif du Tilapia du Nil (MADRP, 2013).

Le Tilapia est l'une des espèces les plus largement élevée dans le monde où sa production augmente à un rythme élevé de 400.000 Tonnes en 1990 à plus de 2.400.000 Tonnes en 2010 , et en 2017 une production de 5.800.000 (FAO, 2018).

Le passage du mode de production extensif au mode intensif rend impératif la disponibilité d'un aliment composé sous forme de granulés qui réponde le mieux aux besoins des poissons à moindre coût en évitant la pollution de l'environnement.

La fabrication d'un aliment composé consiste en une série d'opérations dont le but est d'associer plusieurs matières premières dans des proportions fixées à l'avance pour un objectif nutritionnel précis. Cette association est réalisée par mélange de composants sous forme solide (farine animale, tourteaux, produits céréaliers, minéraux, vitamines) et sous forme liquide (huile de poisson, lécithine, certaines vitamines et substances liantes).

La présente étude a pour objectif la fabrication et le test d'un aliment, contenant en grande partie des ressources d'origine locale, pour la croissance de Tilapia du Nil. Le présent document, résultat d'un travail expérimental, comporte trois chapitres : le premier sur l'aspect bibliographique de l'espèce ciblée et les procédés de fabrication et analyses d'aliments ; le deuxième sur le matériel et méthodes utilisés ; et en dernier lieu les résultats obtenus des analyses et des tests, suivi de leurs discussions.

# **Chapitre I :**

# **Étude bibliographique**

## I. Caractéristiques taxonomiques et morphologiques :

### I.1. Systématique de l'espèce:

D'après SMITH (1840), le genre *Tilapia*, qui est essentiellement africain, a d'abord été divisé sur la base des différences morphologiques en 3 sous-genres:

- *Tilapia*;
- *Sarotherodon* (RUPPEL, 1852);
- *Neotilapia* (REGAN, 1920).

Cependant, depuis le début du vingtième siècle, le nombre d'espèces de *Tilapia* a fortement augmenté avec de nouvelles découvertes, ce qui a conduit les systématiciens à revoir régulièrement la taxonomie de ce genre rassemblant actuellement plus de 90 espèces.

L'espèce *Tilapia nilotica* dont seule la femelle pratique depuis toujours l'incubation buccale, s'est vue regroupé avec tous les tilapias incubateurs buccaux, dans un sous-genre *Sarotherodon* qui a été élevé, au même titre que *Tilapia* (incubateur sur substrat), (TREWAVAS, 1973).

Ce nouveau genre (*Tilapia*), s'est vu alors disséminé en 5 à 7 sous-genres parmi lesquels *Sarotherodon* qui regroupait les tilapias incubateurs biparentaux ou uni parentaux paternels et *Oreochromis* qui regroupait les tilapias incubateurs buccaux uni parentaux maternels.

A la fin du 20<sup>em</sup> siècle, certains taxonomistes s'accordaient à diviser la tribu des Tilapiinés en 4 genres en se basant non seulement sur les caractères anatomiques, mais aussi par rapport à l'originalité en taxonomie, sur le comportement reproducteur et la nutrition (TREWAVAS, 1980, 1981, 1983) :

- *Tilapia* : incubation des œufs sur substrat avec garde biparentale (couple), macrophytophages.
- *Sarotherodon* : incubation buccale avec garde biparentale ou paternelle, planctonophages.
- *Oreochromis* : incubation buccale avec garde uni parentale maternelle, planctonophages.
- *Danakilia* : caractéristiques éco-morphologiques particulières:

La dénomination universelle répandue *Tilapia nilotica*, est utilisée communément en pisciculture (TREWAVAS, 1982). Les principaux synonymes de cette espèce, retrouvés dans la littérature récente (WoRMS, 2018), sont:

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

**Règne :** Animalia.

**Embranchement :** Chordata (Haeckel, 1874).

**Sous-embranchement:** Vertebrata.

**Super-classe:** Gnathostomata

**Classe :** Actinopterygii.

**Ordre :** Perciformes.

**Sous-ordre:** Labroidei.

**Famille :** Cichlidae (Bonaparte, 1835).

**Sous-famille:** Pseudocrenilabrinae

**Genre :** Oreochromis (Gunther, 1889).

**Espèce :** *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1759).

**Nom commun courant :** Tilapia du Nil.

## **I.2. Morphologie :**

*Oreochromis niloticus* est facilement distinguée grâce aux rayures verticales blanches et noires de la nageoire caudale. Les particularités de cette espèce se résument en ce qui suit :

- La nageoire dorsale est formée d'une seule pièce comprenant une partie épineuse présentant 17 ou 18 épines et une partie mole comptant 12 à 14 rayons souples (**Figure 1**) (TREWAVAS, 1983).
- La ligne latérale supérieure comprend 21 à 24 écailles, et l'inférieure mesure entre 14 et 18 cm (MELARD, 1986).
- Les branchiospines sont au nombre de 21 à 26 en partie supérieure et 5 à 7 en partie inférieure.
- La teinte générale est grisâtre relativement foncée chez l'adulte. Le dos est de couleur vert olive tandis que les flancs, plus pâles, présentant 6 à 9 bandes transversales peu apparentes.
- Le ventre et la lèvre inférieure sont blanchâtres tandis que les nageoires dorsales et anales sont grisâtres, avec parfois une lisière rouge très mince (ARRIGNON, 1998), la

partie molle étant rayée verticalement (ou ayant entre les rayons des tâches claires alignés donnant un aspect rayé). Les nageoires pelviennes sont grises alors que les pectorales sont transparentes. La tâche « tilapienne » ne se distingue plus chez les adultes, mais les alevins en possèdent une assez apparente; ils ont en outre les bandes transversales mieux marquées dans la partie supérieure du pédoncule caudal.

- Les mâles matures ont la gorge, le ventre et les nageoires impaires teintées de noir.



**Figure 1.1** : Tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus*

(Source : [www.Fishbade.org](http://www.Fishbade.org))

### **I.3. Anatomie du Tilapia du Nil:**

Comme les autres phylums, l'anatomie d'*Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758) est adaptée au comportement alimentaire : d'une manière générale, la taille du tube digestif du Tilapia du Nil est adaptée à la prise alimentaire de petits repas et avec une fréquence élevée, qui peut atteindre 5 à 6 rations alimentaires par jours. (FAO, 2013).

D'après la description d'ARRIGNON en 1993:

#### **I.3.1. Squelette**

Charpente du corps, le squelette du Tilapia est osseux. Ainsi celui de la tête comprend les os du crâne qui protègent les centres nerveux et les os de la face, essentiellement les mâchoires qui soutiennent les branchies.

Les os du tronc comprennent la colonne vertébrale et des petits os, supports des nageoires, elles-mêmes constituées de rayons osseux ou cartilagineux.

### **I.3.2. Muscles**

On distingue une masse musculaire composée de 2 filets dorsaux épais et de 2 flancs moins épais en relation étroite avec les arêtes. Ces masses musculaires assurent les propulsions (mobilité, mouvements) du poisson et ce sont celles qui sont intéressantes pour le consommateur. D'autres muscles plus petits, font fonctionner les mâchoires, le pharynx et les nageoires.

### **I.3.3. Appareil digestif**

L'appareil digestif d'*O. niloticus* est simple et peu spécialisé. On distingue et dans un ordre antéro-postérieur : les dents (maxillaires et pharyngiennes), l'œsophage, un estomac en forme de sac, et un long et sinueux intestin caractéristique des animaux à chaîne alimentaire courte.

La prise alimentaire en milieu contrôlé a lieu essentiellement en période éclairée, et l'aliment ingéré met 9 à 11 heures chez l'adulte pour parcourir le tube digestif et moins de 2 heures chez le juvénile (BOWEN, 1982).

De l'avant vers l'arrière (**Figure 1.2**), l'appareil digestif comprend :

#### **I.3.3.1. La bouche**

Elle est plus ou moins proéminente, dents fonctionnelles : fines dents pharyngiennes en forme de crochets et servent à la préhension d'aliment.

#### **I.3.3.2. Le pharynx**

C'est une sorte de carrefours où s'ouvrent les branchies.

#### **I.3.3.3. L'œsophage**

Il est très court, conduit vers l'estomac, parois plus ou moins épaisses, souvent sert au transit. Il se caractérise par l'absence des glandes digestives et l'abondance de plusieurs sécrétions muqueuses (CATALDI et al., 1982 ; GARGIOLE et al., 1996 ; BEVERIDGE et al., 2000).

#### **I.3.3.4. L'estomac**

Comme chez les mammifères, l'estomac d'*O. niloticus* a 3 régions distinctes (CACCECI et al., 1998).

- La région cardiale (ou initiale)
- La région profonde (centrale ou de milieu)
- La région pylorique (terminale)

La région centrale est le site de sécrétions d'acides (glandes gastriques). Ces dernières sont stimulées par la présence de l'aliment.

La protection de l'épithélium de l'estomac contre les acides extrêmes de l'environnement a été attribuée aux muco-polysaccharides et aux longues chaînes de carbohydrates qui forment une barrière viscolastique (BEVERIDGE et *al.*, 2000).

#### **I.3.3.5. L'intestin**

Il a une forme spiralée, plus long que celui des autres Cichlidés (7 à 13 fois la longueur du corps chez les adultes) (TREWAVES, 1983). Son rôle essentiel est l'absorption des éléments nutritifs résultant de la digestion et leur passage dans le sang. Les microvillosités représentent plus de 90% de la surface de digestion (FRIESSON et FOLTZ, 1972 ; BEVERIDGE et *al.*, 2000).

#### **I.3.4. Le foie**

C'est une grosse glande brune placée en arrière du cœur.

#### **I.3.5. L'anus**

Il débouche en avant de l'orifice génito-urinaire du premier rayon de la nageoire anale.

#### **I.3.6. L'appareil circulatoire**

L'appareil circulatoire qui irrigue de sang du Tilapia est un circuit fermé comprenant les artères, des vaisseaux très fins, les capillaires et un cœur qui anime le tout est situé en arrière des branchies (ARRIGNON, 1993).

#### **I.3.7. L'appareil respiratoire**

Le Tilapia est équipé d'une paire de quatre branchies situées de part et d'autres du corps, elles sont protégées par une sorte de couvercle articulé (ARRIGNON, 1993).

#### **I.3.8. L'appareil excréteur**

Il est composé essentiellement par les reins, une sorte de glandes brunes, très allongées et ramifiées, tapissant la partie dorsale de la cavité viscérale avec laquelle ils sont en relation. Les urines sont drainées vers l'orifice urinaire par deux uretères (ARRIGNON, 1993).

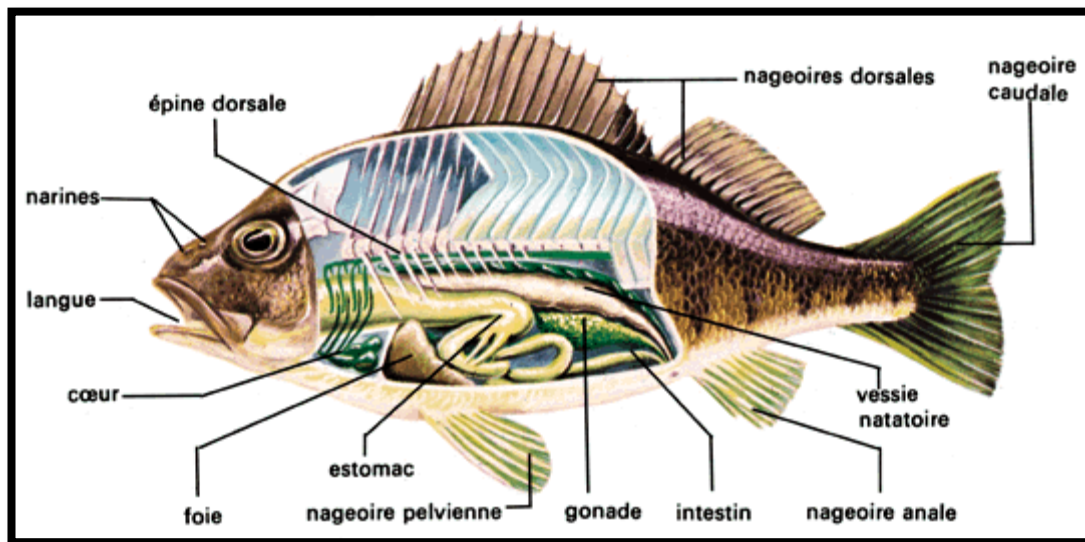


Figure 1.2 : Anatomie du Tilapia de Nil (<http://atelierpeche.free.fr/>, 15-02-2018)

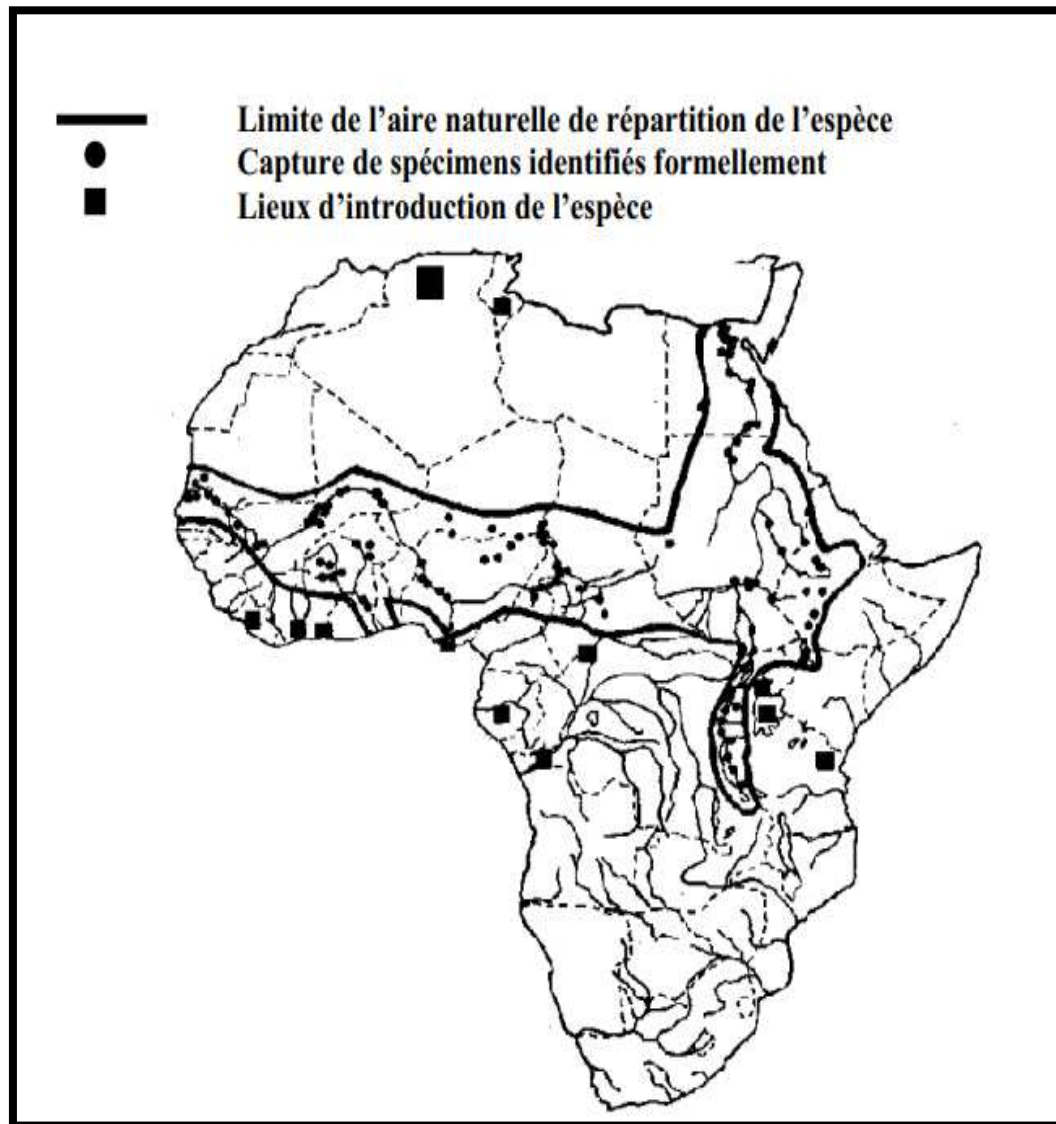
#### I.4. Répartition géographique

La distribution géographique d'une espèce animale ou végétale est fortement liée à ses exigences écologiques (IGA-IGA, 2000). MELARD a signalé en 1986 que le Tilapia est un poisson thermophile et sa distribution géographique est principalement déterminée par la température.

Le Tilapia du Nil est une espèce d'eau douce provenant exclusivement d'Afrique (à l'exclusion de Madagascar) et de Palestine (vallée des rivières côtières) (PHILIPPART et RUWET, 1982).

Elle est répartie sur tout le continent africain (**Figure 1.3**) : bassins du Niger, du Nil, du Tchad, des Volta, du Sénégal... ; sauf montagnes du nord de l'Atlas et sud-ouest de l'Afrique (Mc. ANDREW, 2000). En dehors de l'Afrique, elle est aussi largement distribuée en Amérique du Sud et en Amérique centrale, Inde du Sud, Sri Lanka (PHILIPPART et RUWET, 1982).

Initialement, le tilapia du Nil a été importé de la Hongrie en 1980 en Algérie, (Dergal, N. B, 2015), et depuis, sa production s'est étendue dans les différentes wilayas.



**Figure 1.3 :** Répartition géographique originelle et introduction d'*Oreochromis niloticus* en Afrique (modifié par PHILIPPART et RUWET en 1982).

### I.5. Paramètre de tolérances

De nombreuses études de terrain et de laboratoire (PALLIN et LOWE-MC CONNEL, 1982 ; FISHERLSONET YARON, 1983 ; PLISNIER et *al*, 1988 ; in BEVERIDGE et *al.*, 2000), montrent que *O. niloticus* est une espèce relativement euryèce et eurytope.

#### I.5.1. Température

Dans l'habitat naturel, cette espèce supporte des températures de 14 à 33°C ; mais dans les conditions de laboratoire, *O. niloticus*, tolère des températures qui varient entre 8 et 40°C (BELARIN et HATTON, 1979). L'optimale pour son activité biologique (alimentation, croissance et reproduction) est entre 26 et 28°C. Cette espèce se nourrit qu'en dessus de 15°C (MALCOLM et *al.*, 2000).

### **I.5.2. Salinité**

La tolérance à différentes salinités varie par espèce et par âge (MALCOM et *al.*, 2000), elle se situe entre 0,015 et 30 psu (PHILIPPART et RUWET, 1982). Au-delà de 20 psu, l'espèce subit un stress important qui la rend sensible à une série de maladies. La reproduction serait inhibée en eau saumâtre à partir de 15 à 18 psu (MALCOLM, 2000).

### **I.5.3. Oxygène dissous**

La consommation de l'oxygène augmente avec la température. Pour un poisson de 1g, le métabolisme à jeun présente une activité spontanée et multiple (9 fois) lorsque la température augmente de 20 à 32°C (FAO, 2006).

Le taux d'oxygène dissous nécessaire pour l'*O. niloticus* est de 3 mg/l et l'optimal est de 4 à 5 mg/l (MALCOLM et *al.*, 2000).

### **I.5.4. Le potentiel d'hydrogène**

La tolérance aux variations de pH est très grande puisque l'espèce se rencontre dans des eaux présentant des valeurs de pH de 5 à 11 (MALCOLM et *al.*, 2000), sachant que le pH optimum varie entre 8 et 11 (GEORGE, 1975).

### **I.5.5. Limites létales des nitrites, nitrates, ammoniacque, et M.E.S**

Les poissons sont des animaux ammoniotéliques et sont à même de tirer d'avantage d'énergie nette (EN) des nutriments protéiques puisqu'ils poursuivent la dégradation de ces derniers jusqu'à l'ammoniacque (NH<sub>3</sub>). Les déchets azotés solubles sont excrétés par les branchies et l'urine sous deux formes principales : NH<sub>4</sub><sup>+</sup> et NH<sub>3</sub> (85%) et l'urée (25%). Cette excrétion est fonction de température, taille des poissons, la concentration de l'ammoniacque dans le milieu et la qualité de l'aliment (degré de digestibilité des protéines). Cependant, en élevage intensif, les concentrations de ces substances doivent être maintenues inférieures au seuil critique de cette espèce. Ces valeurs sont représentées dans le tableau n°1.1.

Et ce qui concerne les Matières En Suspension (M.E.S), elles proviennent aussi bien de la mauvaise gestion de l'aliment (gaspillage de l'aliment), que de sa mauvaise utilisation digestive (déchets d'origine fécales). A des concentrations élevées, elles exercent une action mécanique sur les branchies.

**Tableau 1.1** : Optimum des nitrites, nitrates ammoniacque et MES sur le Tilapia du Nil :

Paramètres	Optimum	Valeur critique
Nitrates (NO <sub>2</sub> -) (mg/l)	<1	>5
Nitrites (NO <sub>3</sub> -) (mg/l)	<20	>500
Ammoniacque total (mg/l)	<3	>15
MES (mg/l)	<20	>200

Source : (BEVERIDGE et al., 2000)

### I.6. Régime alimentaire

Les Tilapias du genre *Oreochromis* sont micro-phytophages; leur régime alimentaire se compose notamment du phytoplancton, zooplancton, des débris et des organismes benthiques.

Les espèces du même genre, telles que *O. aureus*, *O. niloticus*, et *O. mossambicus*, sont principalement des omnivores. Cependant, il y a un chevauchement entre les compositions alimentaires de ces diverses espèces du Tilapias. Par exemple, celles qui se nourrissent de macrophytes ingèrent aussi les algues, bactéries et débris. Les consommateurs épiphytes ingèrent aussi fréquemment les macrophytes. Quant aux bactéries et protozoaires qui sont attachés aux particules détruites, elles sont d'importantes sources de nutriments pour ces espèces.

Les micro-algues (phytoplancton) sont relativement riches en protéines et en énergie, avec un apport de digestibilité élevé. Ces organismes sont aussi une source d'énergie, et de lipides avec une digestibilité élevée.

L'*O. niloticus* ont des branchiospines fines et largement espacées, efficaces pour ingérer du phytoplancton, même pour les captures des *Nanochloris* : une nano algue verte vit en solitaire, qui mesure moins de 5 microns de diamètre.

Le processus de capture des micros et nano particules alimentaires des algues se fait par leur piégeage par le mucus ; qui est sécrété par les glandes présentes dans la bouche. Si non cette prise alimentaire se fait par filtration via les microbranchiospines présentes sur la première branchie sous l'opercule (FRYER et ILLES, 1972).

La plupart des cultures de tilapia dans le monde se font dans des étangs fertilisés avec de la nourriture, du fumier ou d'engrais inorganiques. Dans ces conditions, les organismes alimentaires naturels sont fournis aux poissons avec des quantités substantielles.

En 1983, Schroeder a utilisé des isotopes stables du carbone sur différentes sources d'alimentation pour l'*O. niloticus*. Il a constaté que les aliments naturels contribuent à la croissance des spécimens dans les étangs avec un pourcentage de 50 à 70%. Dans les cultures d'étang d'*O. niloticus* nourries de manière intensive avec des aliments artificiels, l'analyse de l'estomac a montré que jusqu'à 50% du contenu stomacal de ces individus est un aliment naturel puisé du milieu.

Cette capacité d'adaptation à divers aliments et déchets est phénoménale et est à la base de sa haute potentialité pour la pisciculture (TREWAVAS, 1983).

### **I.7. Mécanisme de digestion**

La physiologie de la digestion chez *O. niloticus* a été étudiée par MORIARTY (1973) dans un article qui fait office de référence. Les détritux et les algues aux parois épaisses, notamment les cyanobactéries, sont difficilement digérées par la plupart des poissons. Les tilapias, en particulier *O. niloticus*, ont développé des mécanismes permettant leur digestion. La prise de nourriture déclenche une sécrétion acide au niveau de l'estomac. Neutre le matin, le pH peut ainsi chuter en dessous de 1,4-1,6 au bout de quelques heures, et cette acidité brise les parois végétales (MORIARTY, 1973 et HEPHER, 1988). Au niveau de l'intestin, le pH augmente progressivement ; de 5,5 à la sortie de l'estomac, passe à 8 au niveau de l'an.

Des enzymes interviennent également. Pour la digestion des protéines, une protéase a été mise en évidence dans le tube digestif, avec une concentration maximale dans l'estomac (MOREAU, 1988).

D'après MORIARTY (1973), il n'y aurait pas d'activité peptique dans le jus gastrique d'*Oreochromis niloticus*, mais un pepsinogène existerait dans la paroi stomacale. Egalement, la trypsine et la chymotrypsine, actives en milieu alcalin, sont présentes dans l'intestin (MORIARTY, 1973).

Enfin, une dipeptidase a été mise en évidence dans des extraits de muqueuse intestinale (KEDDIS, 1956 in MOREAU, 1988). Chez une espèce voisine qui est *Oreochromis mossambicus*, Bowen (1980) a démontré que les protéines sont digérées et assimilées dans le premier quart de l'intestin, alors que les acides aminés le sont sur la totalité du conduit intestinal. Une amylase dont l'activité augmente en allant vers l'an. ainsi qu'une maltase permettent la digestion glucidique.

Enfin, Al Hussaini et Kholy (1953) in MOREAU (1988) ont pu mettre en évidence la présence d'une lipase dans tout le tube digestif.

## I.8. Croissance

En général, *Tilapia nilotica* est connu pour sa croissance rapide (LOWE-McCONNELL, 1982) et présente un indice de croissance plus performant que les autres espèces de tilapia ( $IC = 1,8$ ) (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.

Les **Tableaux 1.2 et 1.3**, représentent la croissance du Tilapia de Nil selon les milieux de vie, et selon le sexe.

**Tableau 1.2 :** Taille du Tilapia de Nil selon les milieux de vie (TREWAVAS, 1983) :

Milieu \ Âge	Lac Albert (Ouganda)	Lac Tchad (Tchad- Niger)	Lac Mariout (Egypte)	Lac Alaotra (Madagascar)	Lac Turkana (Ethiopie)
<b>4 ans</b>	34 cm	26 cm	24 cm	20 cm	32 cm
<b>7 ans</b>	38 cm	absente	absente	absente	64 cm

**Tableau 1.3 :** Taille du Tilapia de Nil selon le sexe et l'âge, dans le Lac Itasy à Madagascar (LOWE-McCONNEL, 1982) :

Sexe \ Âge	1 an	2 ans	3 ans
<b>Mâle</b>	18 cm	29 cm	38 cm
<b>femelle</b>	15 cm	20 cm	28 cm

## II. Besoin nutritionnels du Tilapia du Nil

Selon DIANA *et al.* (1994), WAIDBACHER *et al.* (2006), les nourritures naturelles issues du milieu d'élevage contribuent à une augmentation de la croissance chez *O. niloticus* à des ratios compris entre 45 et 74 %.

Comme l'a indiqué DE SILVA (1993), ces ressources naturelles riches en protéines (55 à 60 %) et peu énergétiques contribueraient à couvrir les besoins azotés des poissons en élevage semi-intensif.

Par conséquent, l'utilisation d'aliments artificiels à bases de sous-produits agricoles (25% de protéines brutes) en association avec des apports de 30 à 40% en ressources naturelles existantes

permet de rehausser la teneur protéique des aliments consommés vers des valeurs comprises entre 35 et 45%.

Cette différence de régime alimentaire observée entre les stades de développement pourrait être en relation avec les besoins nutritionnels requis pour chaque stade de croissance (LEE et PUTMAN, 1973 ; MORIARTY et MORIARTY, 1973 ; SHIAU et PENG, 1993 ; BOWEN, 1982 ; BOWEN *et al.*, 1995 ; STICKNEY, 1996 ; FITZSIMMONS, 1997). Ces auteurs ont rapporté aussi que les adultes de cette espèce ou d'autres poissons ont besoin d'aliments très énergétiques et peu protéiques pour leur métabolisme et leur croissance.

De leur côté, PERSON-LE RUYET et BERGOT (1999) mentionnent que les larves et les juvéniles requièrent plutôt des aliments peu glucidiques, mais riches en protéines, en vitamines (plancton), en lipides et en minéraux pour une croissance rapide. Les proportions d'aliments artificiels distribués et non consommés sont respectivement de 40% du total distribué chez les alevins et de 12% chez les juvéniles et les adultes.

En effet, il existe 3 groupes majeurs de matières organiques qui influent sur la croissance et qui doivent répondre aux besoins nutritionnels du Tilapia du Nil : les protéines, les glucides et les lipides.

## II.1. Protéines

Les protéines sont des macromolécules complexes composées typiquement du carbone, de l'hydrogène, de l'oxygène et de l'azote, ainsi que de petites quantités de soufre et, parfois, de phosphore. Les principales composantes de protéines sont connues sous le nom d'acides aminés. Les protéines sont indispensables pour la structure et la fonction de tous les organismes vivants (AUFRAY et JACQUARD, 1998). D'après GUILLAUME (1999), le besoin global des poissons en protéines est beaucoup plus important, par rapport à celui des vertébrés supérieurs.

La protéine est la source alimentaire la plus chère en aquaculture, cela représente environ 50% des coûts totaux d'alimentation. Le **Tableau 1.4** représente les besoins théoriques d'*O. niloticus* en protéines selon le stade d'élevage :

**Tableau 1.4** : Besoins théoriques en protéines pour le Tilapia du Nil (LAZARD, 2007).

Stade (classe selon le poids) (g)	Quantité (%)
0 à 0,5	50
0,5 à 10	35-40
10 à 35	30-35
35g à la taille marchande	25-30
Géniteurs	30

Peu d'études ont examiné les exigences des acides aminés essentiels pour le Tilapia du Nil. Comme toutes les autres espèces aquatiques, ce dernier exige des concentrations bien déterminées de 11 Acides Aminés essentiels (FEGBENRO, 2000). Les résultats de cette dernière étude sont représentés dans le **Tableau 1.5** :

**Tableau 1.5** : Besoins quantitatifs en acides aminés essentiels du Tilapia du Nil (FEGBENRO, 2000).

Acide Aminé Essentiel	Besoin minimum (%)
Tyrosine (Tyr)	1,6
Arginine (Arg)	4,1
Histidine (His)	1,5
Thréonine (Thr)	3,3
Valine (Val)	3,0
Leucine (Leu)	4,3
Isoleucine (Iso)	2,6
Méthionine (Met)	1,3
Cystéine (Cys)	2,1
Phénylalanine (Phe)	3,2
Tryptophane (Try)	0,6

## II.2. Lipides

AUFFRAY et JACQUARD ont définis en 1998 les lipides comme des substances organiques insolubles dans l'eau. Ils constituent la plus importante forme de stockage de l'énergie chimique. En effet, l'effet bénéfique des lipides sur l'efficacité alimentaire se situe à plusieurs niveaux :

- Maintien de l'intégrité des structures membranaires (via leur efficacité).
- Servent comme vecteurs lors de l'absorption intestinale des vitamines liposolubles et pigments caroténoïdes.
- Précurseurs de prostaglandine et stéroïdes lors de la reproduction et surtout de leur densité énergétique si on admet qu'une digestibilité de 95% de 1g de lipide alimentaire fournit 37 à 38 KJ soit approximativement 2,5 fois plus que les glucides et 1,8 fois plus que les protéines (GUILLAUME et *al.*, 1999).

D'après HAULEY (1991) in Beveridge et *al.* (2000), les besoins nutritifs en lipides d'*O. niloticus* se situent entre 6 et 12% de la ration alimentaire.

LAZARD (2007) a effectué une étude se basant sur les études de STICHNEY et HARDY (1989), les résultats sont présentés dans le **Tableau 1.6**.

**Tableau 1.6** : Besoins théoriques en lipides du Tilapia du Nil (LAZARD, 2007).

Stade (classe selon le poids) (g)	Quantité (%)
0 à 0,5	10
0,5 à 10	10
10 à 35	6-10
35g à la taille marchande	6
Géniteurs	8

### II.3. Glucides

Les glucides communément appelés sucres sont composés d'hydrogène, de carbone et d'oxygène c'est pourquoi on les appelle également hydrates de carbone.

Toutefois, les fibres (polysaccharides complexes constituées principalement de cellulose chez les végétaux) ne sont pas bien utilisables par *O. niloticus* qui ne dispose pas de cellulase (STICKNEY, 1976 in BEVERIDGE et al., 2000).

**Tableau 1.7** : Besoins théoriques en glucides et en fibres d'*O. niloticus*, d'après LAZARD (2007).

Stade (classe selon le poids) (g)	Quantité de glucides (%)	Quantité de fibres (%)
0 à 0,5	25	8
0,5 à 10	25	8
10 à 35	25	8-10
35g à la taille marchande	25	8-10
Géniteurs	25	8-10

### II.4. Vitamines

Ce sont des molécules organiques qui servent de coenzymes ou de parties de coenzymes. L'organisme en a besoin en petites quantités (CAMPBELL, 1995).

**Tableau 1.8** : Les besoins vitaminiques de Tilapia du Nil.

<b>Vitamines</b>	<b>Besoin (mg/kg d'aliment)</b>	<b>Signes de déficience</b>	<b>Références</b>
<b>Cyanocobalamine (Vitamine B12)</b>	Non nécessaire		LIMSUWAN et LOVELL (1981)
<b>Acide ascorbique (Vitamine C)</b>	1250	Scoliose, lordose, croissance réduite, réparation des blessures faible, hémorragie, exophtalmie et anémie.	SOLIMAN <i>et al.</i> (1986)
<b>Vitamine D</b>	374,8	Croissance réduite, anémie, système immunitaire fragile	SHIAU et HWANG (1993)
<b>Vitamine E</b>	50-100	Anorexie, croissance réduite, faible efficacité d'ingestion, mortalités élevés	SATOH <i>et al.</i> (1987)

## II.5. Minéraux

Les minéraux sont des éléments inorganiques requis par les animaux pour maintenir leurs fonctions physiologiques et métaboliques. Ces fonctions peuvent être résumées comme suit (JAUNCEY, 1998) :

- Structuration de squelettes durs tels que les os et les dents.
- L'osmorégulation.
- Impulsion nerveuse et transmission et muscle.
- Equilibre acido-basique du corps et régulation du pH du sang.
- Catalyseurs et activateurs enzymatiques.

**Tableau 1.9** : Besoins du Tilapia du Nil en minéraux.

<b>Minéraux</b>	<b>Besoins (mg/kg d'aliment)</b>	<b>Références</b>
<b>Phosphore</b>	4600	HAYLOR <i>et al.</i> (1988)
<b>Magnésium</b>	600-800	DABROWSKA <i>et al.</i> (1989)
<b>Zinc*</b>	79	DO-CARMOE-SA <i>et al.</i> (2004)
<b>Calcium**</b>	6500	ROBINSON <i>et al.</i> (1987)
<b>Manganèse*</b>	12	WATANABE <i>et al.</i> (1988)
<b>Chrome</b>	139.6	SHYAU et SHY (1998)
<b>Fer</b>	60	KLEEMANN <i>et al.</i> (2003)

\* : les oligo-éléments, \*\* : En eau sans calcium

## II.6. Energie

Lors de la distribution d'aliment, les poissons sont capables d'ajuster leur consommation d'aliment selon la densité énergétique de l'aliment, de façon à atteindre une croissance maximale

Le besoin énergétique de croissance peut être défini comme une quantité d'énergie nécessaire pour produire 1 kg de poisson. Chez *O. niloticus*, elle est de 12 KJ/g de matière sèche (GUILLAME *et al.*, 1999).

Le besoin est défini en fonction du régime : l'orientation des nutriments vers l'anabolisme ou le catabolisme dépend de l'équilibre énergie protéique/énergie non protéique. Ainsi, les recommandations concernant la composition des aliments sont indiquées en terme de rapport protéine digestible/énergie digestible qui est de l'ordre de 25 mg/KJ chez *O. niloticus*.

## II.7. Composition chimique globale et valeur nutritionnelle de la chair du tilapia

Le poisson est un produit carné dont la qualité nutritionnelle est proche de celle de la viande. La chair du poisson contient en moyenne 70 à 80% d'eau, 16 à 22% de protéines, et des lipides en quantité très variable allant de 0,5 à 20% selon les espèces et leur alimentation (MEDALE, 2005). La chair est très pauvre en glucides, sous forme de glycogène, sa teneur est généralement inférieure à 1%.

La teneur en collagène est faible, habituellement inférieure à 3% (REGOST, 2001). Les poissons sont riches en vitamines liposolubles A et D et en vitamine hydrosoluble B (MEDALE, 2010). Ils constituent une bonne source de minéraux comme le calcium, l'iode, le fer, le phosphore et le potassium (LEDUC, 2011).

Cette composition est variable en fonction des différences anatomiques, des variations physiologiques, du sexe, des saisons, des individus, de la nourriture et de l'environnement (ENKORO, 2006).

Le Tilapia possède une capacité supérieure de bioconversion des acides gras en C18 à chaîne plus longue ou plus insaturée par des systèmes enzymatiques catalysant leur élongation et leur instauration, par rapport aux poissons marins, (TOCHER *et al.*, 2002 in DERGAL, 2015). Ainsi, le **Tableau 1.10** résume la composition chimique et les valeurs nutritionnelles de l'espèce *O. niloticus*.

**Tableau 1.10** : Composition chimique et valeur nutritionnelle de 100 g de la chair du tilapia du Nil (NUTRAQUA, 2018).

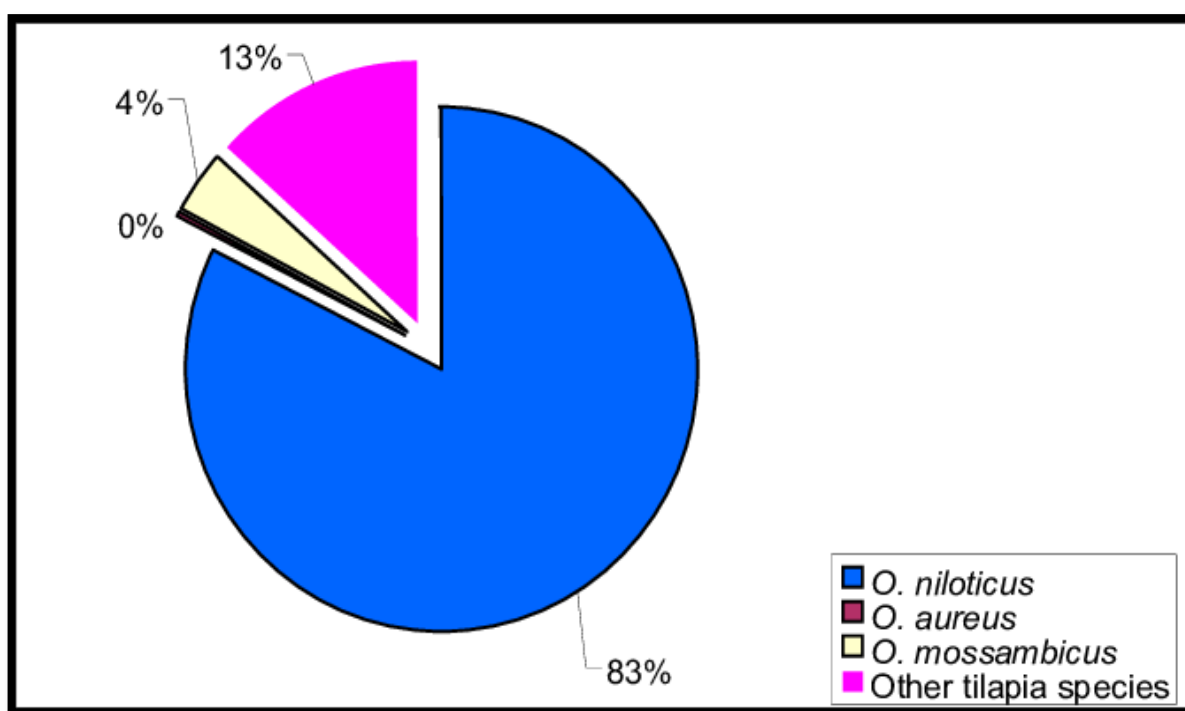
	Moyenne	Min	Max	
Valeur nutritionnelle	Valeur calorique en Kcl	93	84	98
	Valeur calorique en Kj	392	355	413
	Humidité en g	78,5	77,0	80,0
	Cendre en g	0,8	0,6	0,9
	Protides en g	18,1	17,4	19,4
	Glucides en g	0,5	0,1	1,6
	Lipides totaux en g	2,1	1,5	2,7
	Cholestérol en mg	39,5	32,5	43,5
Vitamines	Vitamine A µg	< 2	-	-
	Vitamine E en mg	0,93	0,73	1,16
	Vitamine D en µg	15,61	< 0,5	53,6 0
	Vitamine B1 en mg	< 0,04	-	-
	Vitamine B2 en mg	0,05	0,04	0,07
	Vitamine B5 en mg	0,68	0,41	26
	Vitamine B6 en mg	0,23	0,18	0,30
	Vitamine B12 en mg	1,07	0,13	1,77
	Caroténoïde totaux mg	-	-	-
Minéraux et oligoéléments	Sodium en mg	28,3	23,9	29,8
	Calcium en mg	8,2	7,5	9,1
	Potassium en mg	282	229	331
	Magnésium en mg	25,4	23,8	27,2
	Fer en mg	0,27	0,21	0,35
	Cuivre en mg	< 0,1	-	-
	Zinc en mg	0,32	0,28	0,35
	Manganèse en mg	< 0,1	-	-
	Phosphore en mg	131	118	148
	Iode en µg	6	3	13
	Sélénium en µg	18	12	23
	Chlorures en mg	-	-	-
Acides gras	AG saturés mg	565	387	751
	AG monoinsaturés mg	643	456	809
	AG polyinsaturés mg	440	356	561
	Dont oméga 6 mg	278	157	485
	Dont oméga 3 mg	158	75	271

## II.8. Production mondiale du Tilapia de Nil

La production aquacole des différentes espèces du Tilapia, et en premier, le Tilapia de Nil, a connu une hausse significative au niveau mondial, selon la FAO en 2002, la production de Tilapia de Nil à dépasser le seuil de 90% de toutes autres espèces du même genre (FITZSIMMONS, 2016).

Les espèces de Tilapia sont produites dans plus de 140 pays dans le monde, où le premier producteur, exportateur et au même temps consommateur des tilapia est la Chine avec une production de plus de 1,8 millions de tonnes en 2015, après en deuxième place on trouve l'Égypte, les Philippines, Thaïlande, l'Indonésie, l'Amérique latine, et le Ghana (FAO, 2016).

En 2015, la production d'*O. niloticus* était estimée à 5,5 millions de tonnes et la production devrait dépasser les 8 millions de tonnes d'ici 2026 (FITZSIMMONS, 2016).



**Figure 1.4 :** Production aquacole mondiale des tilapias selon les espèces (FAO, 2002).

Principalement, la production du Tilapia du Nil se déroule dans des systèmes extensifs et semi-intensifs, on utilisant des étangs à terre, des cages flottantes et des réservoirs d'eaux, où le mercure enregistre des valeurs au-dessus de 20°C (EL-SAYED, 2006).

Le **Tableau 1.11**, et d'après FITZSIMMONS (2016), représente les majeurs pays producteurs d'*O. niloticus* exprimés en tonne.

**Tableau 1.11** : Production du Tilapia de Nil par pays (en tonne) :

<b>pays</b>	<b>Production (t)</b>
Chine	1.800.000
Egypte	800.000
Philippines	350.000
Mexique	97.000
Thaïlande	205.000
Taiwan	81.000
Brésil	352.000
Indonésie	1.100.000
Bangladesh	220.000
Colombie	76.000
Ghana	34.000
Vietnam	176.000
Costa-Rica	32.000
Malaisie	78.000
Myanmar	37.000
Ouganda	83.000
Etats Unis d'Amérique	12.000
Arabie Saoudite	9.000
Autres	31.000

### **III. Formulation des aliments en aquaculture**

La formulation et la fabrication d'aliment piscicole est la technique d'élaboration des aliments composés qui comprend la formulation (conception des formules) et la technologie des aliments (procédure de fabrication). L'aliment composé est un aliment d'aquaculture comprenant un certain nombre d'ingrédients, mélangés dans différentes proportions, pour se compléter et constituer un aliment complet sur le plan nutritionnel.

La principale fonction des aliments formulés est de répondre aux besoins de l'espèce en protéines et en acides aminés essentiels. La farine de poisson est généralement privilégiée en raison de la grande qualité de ses protéines et de sa composition en acides aminés. Elle est cependant souvent chère et n'est pas toujours disponible (FAO, 2012).

#### **III.1. Choix des matières premières à utiliser**

La valeur nutritive d'un aliment est basée sur les différentes matières premières qui le composent, ces dernières sont soit d'origine animale ou végétale.

##### **III.1.1. Caractéristiques des ingrédients**

###### **III.1.1.1. Farine de poisson**

Elle regroupe toute farine fabriquée à base de poisson, quel que soit, poisson entier, ou sous-produits des poissons. Elle répond généralement aux besoins protéiques et riche en AAI (Acides Aminés Essentiels). Le pourcentage des protéines diffère d'une farine à une autre et dépend de la partie de poisson utilisée dans la fabrication (entre 58 et 70%).

###### **III.1.1.2. Farine de blé (semoule)**

Comme tous les autres produits céréaliers, la semoule est un aliment nutritif et facile à intégrer pour leur contenu en vitamines du complexe B et en fibres alimentaires.

Il est utilisé aussi pour ses valeurs nutritionnelles:

- Très riche en fibre alimentaire
- Relativement riche en matières azotées
- Disponible dans le marché avec un prix raisonnable

###### **III.1.1.3. Huiles d'origine végétale**

Elles contiennent des sources d'énergie très importantes, mais sont marquées par la présence de facteurs antinutritionnels synthétisés par les plantes dont elles sont issues. Elles sont généralement trop chères pour l'alimentation animale.

Elles sont largement utilisées à cause de ces deux majeures propriétés:

- Bonne source d'énergie d'origine lipidique
- Bon pouvoir liant

### III.1.1.4. Amidon de maïs

L'amidon de maïs est le glucide complexe contenu dans la fécule de maïs appelée dans le commerce Maïzena. Il est le principal constituant du grain de maïs (89%) et est constitué de deux polymères de glucose (macromolécule constituée de la répétition de nombreuses sous-unités), l'amylose (polymère linéaire et l'amylopectine) et également d'unités de glucose sous forme ramifiée.

### III.1.1.5. Vitamines et minéraux

Le **Tableau 1.12** représente la composition au kg de C.M.V. de prémix qui rentre dans la fabrication de l'aliment utilisé par l'ONAB (d'après les valeurs affichées sur les sacs de stockage de ce complexe) :

**Tableau 1.12** : Composition de CMV de l'ONAB.

Composition au kg de C.M.V			
Vit A (UI)	900.000		
Vit D3 (UI)	270.000	Fer (mg)	3.200
Vit E (mg)	2.300	Iode (mg)	300
Vit K3 (mg)	400	Cobalt (mg)	50
Vit B2 (mg)	500	Cuivre (mg)	2.500
Panthotenate de Ca (mg)	800	Manganèse (mg)	8.000
Acide nicotinique (mg)	4.000	Zinc (mg)	8.000
Vit B12 (mg)	0,7	Sélénium (mg)	45
Vit B6 (mg)	200	Magnésium (mg)	3.000
Acide folique (mg)	40	Méthionine (mg)	100.000
Vit B1 (mg)	130	Lysine (mg)	65.000
Biotine (mg)	12	Antioxydant (mg)	10.000
Chlorure de choline (mg)	40.000	SEL (mg)	330.000

### III.1.2. Analyse des formules avec logiciel

**INRAtion**<sup>®</sup> est un outil de référence multi espèces unique. Il calcule et ajuste des rations théoriques validées, respectant la capacité d'ingestion des animaux et les recommandations nutritionnelles en termes d'énergie, de protéines et de minéraux. Il permet de répondre à 3 questions :

- Quelle ration quand l'objectif de production est connu ?
- Quel niveau de production quand la ration est connue ?
- Quelle composition de concentré quand la ration de base et le niveau de production sont connus ?

Il fournit enfin des éléments d'expertise des rations, notamment en termes de rendements marginaux et de rejets azotés.

### III.1.3. Valeur nutritive de quelques matières premières incluses dans la formulation

Le **Tableau 1.13** présente la valeur nutritive de chaque matière première pouvant être utilisée (composition de la matière sèche):

**Tableau 1.13** : composition chimique et analyse du cycle de vie de quelques matières premières (INRA, 2002).

Composition	Caractéristiques de produit sec	Farine de poisson	Farine de blé* (semoule)	Huile végétale (soja)*	Amidon de maïs*
Composition élémentaire (%)	Matière sèche	100	100	100	100
	Matières minérales	18,20	2,10	-	1,40
	Amidon	-	64,10	-	73,90
	Sucres totaux	-	3,20	-	2
	Cellulose brute	-	3	-	2,60
	Cendre brute	0,50	-	-	0,06
	Protéine brute	70,70	16,30	-	8,90
	Matière grasse brute	10	2	100	3,60
	Energie brute (Kcal/kg)	4,89	4,42	9,39	4,45
	Acides gras totaux (g/kg)	7,50	1,50	100	3,50
Acides aminés (g/kg)	Phénylalanine (Phe)	27,60	7,9	-	4,3
	Tyrosine (Tyr)	21,50	5,20	-	3,70
	Méthionine (Met)	19,20	2,60	-	1,90
	Cystéine (Cys)	6,10	3,60	-	2,20
	Tryptophane (Try)	7,10	1,80	-	0,60
	Isoleucine (Iso)	29,30	5,90	-	3,30

	<b>Valine (Val)</b>	35,20	7	-	4,50
	<b>Leucine (Leu)</b>	50,70	11	-	10,80
	<b>Thréonine (Thr)</b>	29,30	-	-	3,30
	<b>Arginine (Arg)</b>	43,90	7,80	-	4,20
	<b>Histidine (His)</b>	17,70	3,70	-	2,60
<b>Minéraux (g/kg)</b>	<b>Phosphore</b>	28,60	3,90	-	2,90
	<b>Magnésium</b>	2,40	1,20	-	1,20
	<b>Zinc</b>	0,11	0,03	-	0,024
	<b>Calcium</b>	44,70	0,8	-	0,50
	<b>Manganèse</b>	0,02	0,04	-	0,01
	<b>Chrome</b>	-	-	-	$0,05 \times 10^{-3}$
	<b>Fer</b>	0,38	0,06	-	0,04
<b>Vitamines (mg/kg)</b>	<b>Cyanocobalamine (Vitamine B12)</b>	0,34	-	-	-
	<b>Vitamine C</b>	-	-	-	-
	<b>Vitamine D</b>	-	-	-	-
	<b>Vitamine E</b>	6	-	170	20,0
	<b>Energie digestible (Kcal/kg)</b>	4.22	3.48	-	1.74
<b>ACV (Analyse du cycle de vie)  Ou Impact environnemental</b>	<b>Consommation d'énergie (non renouvelable : fossile + nucléaire) (MJ/kg)</b>	-	3,01	21,03	5,09
	<b>Consommation de phosphore (gP/kg)</b>	-	1,65	34,09	3,21
	<b>Changement climatique (gCO<sub>2</sub>eq/kg)</b>	-	551	2.949	527
	<b>Acidification (mol H<sup>+</sup>eq/kg)</b>	-	0,02	0,02	0,02
	<b>Occupation du sol (m<sup>2</sup>/ans/kg)</b>	-	1,54	4,03	1,42

### III.2. Opérations de fabrication d'un aliment extrudé

L'élaboration d'une formule assurant la rentabilité doit tenir compte du fabricant, de l'éleveur, du poisson, ainsi que de l'environnement (Hardy et Barrows, 2003).

#### III.2.1. Dosage (pesage)

Cette étape est très importante car tout excès ou insuffisance d'un ingrédient de cette formule engendrera des problèmes au niveau des autres étapes et influera sur le résultat final.

#### III.2.2. Mélange

L'homogénéisation est une opération essentielle à l'élaboration d'un aliment composé. Elle consiste à associer les matières premières préalablement dosées en les répartissant uniformément dans la masse du mélange mais aussi dans le maintien de cette homogénéité dans le temps et l'espace, jusqu'à l'obtention d'une pâte molle.

#### III.2.3. Cuisson-stérilisation

Le traitement thermique est généralement accompli par l'ajout de vapeur dans une chambre de conditionnement. La chambre peut être sous pression ou ouverte à l'atmosphère.

Un autoclave peut être utilisé. Une longue période d'autoclavage entraîne un degré élevé de gélatinisation de l'amidon présent dans le mélange. Aussi cette méthode participe dans la stérilisation de ce dernier, sachant que la période d'autoclavage ne doit pas dépasser les 5 min pour éviter que la protéine se dégrade excessivement.

**Tableau 1.14 :** Qualité physique et nutritionnelle du granulé par rapport aux types de traitement thermique (HARDY et BARROWS, 2003).

Qualité physique/ nutritionnelle	Aliment compressé	Aliment étendu	Aliment extrudé	Méthode universal pellet cooker (UPC)
Température maximale (°C)	105	135	150	150
Temps d'autoclavage (min)	<1	<1	2-5	2-3
Gélatinisation (%)	<40	65-70	>80	60-80
Digestibilité de l'aliment	Faible	Forte	Forte	Moyenne à forte
Flottabilité	Coulant	Coulant	Coulant/flottant	Coulant/flottant
Stabilité dans l'eau	Faible	Faible	Forte	Forte
Détérioration des nutriments	Faible	Faible	Moyenne	Moyenne à forte

### **III.2.4. Séchage – refroidissement**

Le refroidissement est assuré par un flux d'air traversant une couche de granulés ou extrudés immobiles par refroidissement verticale. Après le refroidissement, ça vient la séparation des particules fines non agglomérées par tamisage ; puis recyclée ensuite sur pressage.

Le brassage intense sert à éviter la fragilisations des granulés dont on attend une stabilité élevée dans l'eau.

### **III.2.5. Conditionnement**

Le produit fini peut être livré en sac ou en vrac.

Les phases fondamentales du conditionnement sont :

- Dépôt,
- Pesage,
- Conditionnement.

Le conditionnement commence quand le produit fini est prêt. L'opération comprend le pesage l'ensachage, la couture des sacs et l'application des étiquettes d'identification.

Le conditionnement commence quand le produit fini est prêt. L'opération comprend le pesage l'ensachage, la couture des sacs et l'application des étiquettes d'identification.

# **Chapitre II :**

## **Matériel et méthodes**

## I. Formulation d'aliment

Au niveau de l'ONAB (Office National des Aliments de Bétail, Alger) et selon Mme. Haddoum G. (vice directrice chargée des études technico-économiques), pour le choix des matières premières qui rentrent dans la fabrication d'un aliment destiné à l'aquaculture, ils se basent sur ces principaux critères :

- Leurs valeurs nutritives,
- Leur prix,
- Leur disponibilité sur le marché national.

En considérant ces critères et dans le but de formuler et fabriquer un aliment destiné au pré-grossissement des Tilapia, nous avons mené cette étude. En plus, les caractéristiques des principales matières premières contenues dans les aliments destinés à l'alimentation d'*O. niloticus* au niveau de la ferme expérimentale de l'ENSSMAL (École Nationale Supérieure des Sciences de la Mer et Aménagement du Littoral) ont été présentées.

### I.1. Provenance de la matière première

Les ingrédients contenus dans l'aliment à fabriquer sont issus des matières premières avec l'origine de chaque ingrédient sont mentionnées dans le **Tableau 2.1**. Les étapes de préparation des ingrédients sont détaillées dans ce qui suit.

**Tableau 2.1** : Origine de chaque matière première.

Matières premières	Origine
Farine de poisson	Préparée à l'ENSSMAL
Farine de blé (semoule)	Produit local
Huile d'origine végétale	Matière première importée, conditionnée localement
Amidon de maïs	Matière première importée, conditionnée localement
Prémix vitamine et minéral (C.M.V)	ONAB

Par contre la composition étiquetée sur l'aliment commercial est:

Farines de poissons, blé, tourteau d'extraction de soja cuit, gluten de maïs, gluten de blé, tourteau de colza, huiles de poissons, huile de colza, phosphate mono-calcique, pré-mélanges, vitamines.

### I.2. Fabrication de la farine de poisson

On a fabriqué notre propre farine de poisson, en utilisant la sardine entière (Azaza et *al.*, 2005).

Les étapes de sa préparation ont été menées à la ferme expérimentale et au laboratoire d'aquaculture au niveau de l'ENSSMAL ; le procédé suivi est le suivant :

### I.2.1. Réception

Une quantité de 5 kg de la sardine a été acquise le 2 avril 2018, dans des conditions d'hygiène bien respectées. La quantité a été conservée dans un congélateur jusqu'au lendemain.

### I.2.2. Cuisson

La quantité a été divisée en 4 petite quantités, à raison de 1,25 kg pour chacune, puis cuite à la vapeur d'eau jusqu'à faire apparaître une matière qui coagule et une autre qui est liquide qui flotte sur le bouillon.

La **Figure 2.1.a** illustre l'opération de cuisson des poissons qui ont été chauffés dans un four à 85-90 °C avec mise à vapeur, afin que les protéines cuisent et coagulent, libérant ainsi les huiles et l'eau.

### I.2.3. Pressage

Le pressage a été réalisé à la main ; on presse le poisson cuit jusqu'à obtention d'une pâte presque sèche qui ne contient plus d'eau et d'huile (**Figure 2.1.b**).

### I.2.4. Séchage de la pâte pressée

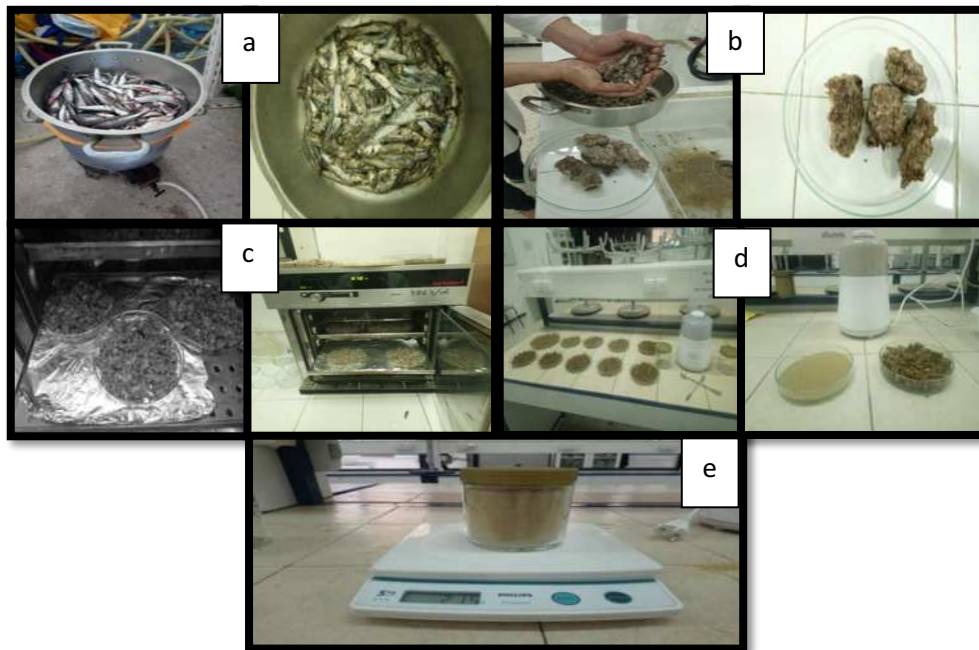
Le séchage a été réalisé dans l'étuve, à une température de 70 °C (**Figure 2.1.c**). L'opération a duré 16h (entre 19h00 et 11h00). Le but de cette étape est de retirer toute l'eau afin d'obtenir une pâte de protéines déshydratée.

### I.2.5. Broyage de la pâte séchée

La pâte déshydratée a été broyée en utilisant un broyeur de cuisine pour obtenir une farine moulue (**Figure 2.1.d**).

### I.2.6. Stockage et conditionnement

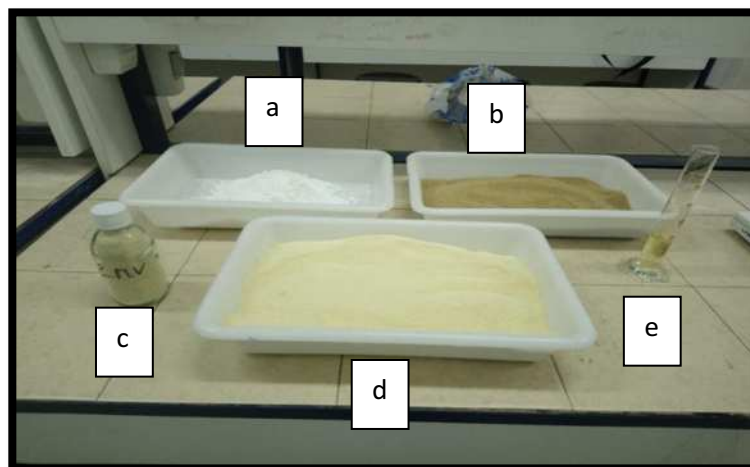
La farine obtenue est conditionnée dans des boîtes en verre étanches (**Figure 2.1.e**), puis stockée dans un réfrigérateur pour éviter tout type de contamination, ou dans une température ambiante qui ne doit dépasser les 37,5 °C.



**Figure 2.1:** Étapes de fabrication de la farine de poisson

### I.3. Préparation des ingrédients

La **Figure 2.2** représente les différents ingrédients utilisés dans la formulation de l'aliment d'essai.



**Figure 2.2:** Ingrédients de l'aliment fabriqué

**a :** Amidon de maïs ; **b :** Farine de poisson ; **c :** C.M.V ; **d :** Farine de blé ; **e :** Huile d'origine végétale

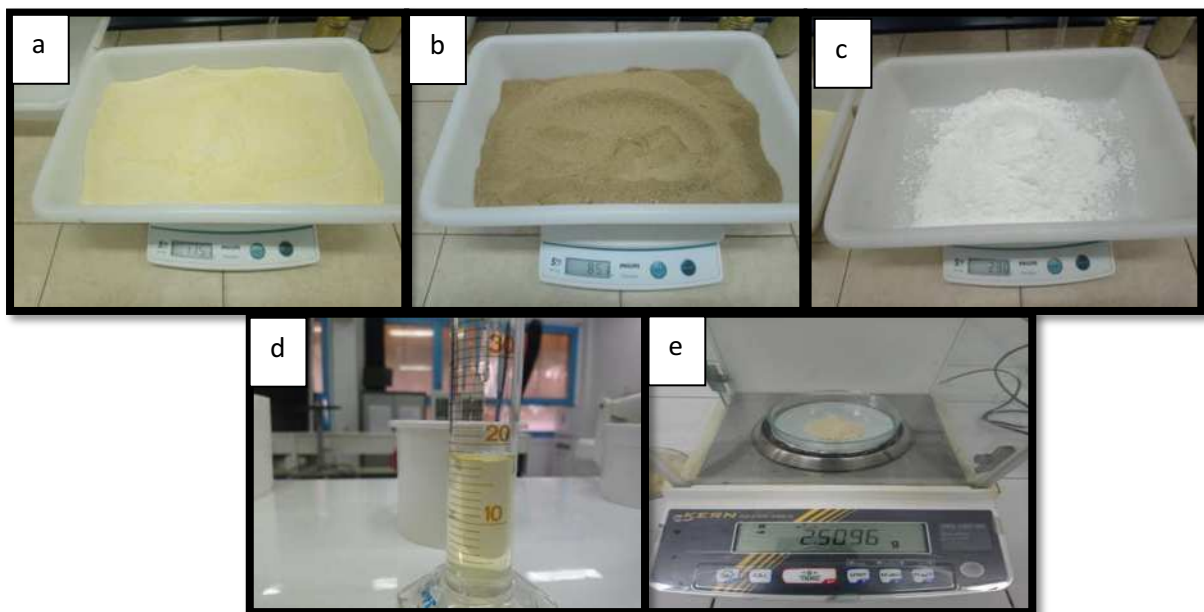
## II. Fabrication de l'aliment extrudé

Au début, les matières premières rentrant dans la composition de l'aliment, destiné à satisfaire les besoins des poissons *Tilapia*, ont été sélectionnées, préparées et prêtes pour l'étape de fabrication d'un aliment complet. Ensuite, pour fabriquer un aliment extrudé, les étapes suivantes ont été suivies : dosage, mélange, cuisson-stérilisation, refroidissement et conditionnement (Hardy et Barrows, 2003).

## II.1. Dosage (pesage)

Pour produire 2 kg d'aliment (ce qui couvrira largement la période des tests considérée ), les quantités suivantes ont été pesées :

- 1.150 kg de la farine de blé (semoule) (**Figure 2.3.a**)
- 850 g de la farine de poisson (**Figure 2.3.b**)
- 290 g de l'amidon de maïs (maïzena) (**Figure 2.3.c**)
- 18 ml de l'huile végétale (**Figure 2.3.d**)
- 2,5 g du C.M.V (**Figure 2.3.e**)



**Figure 2.3** : Dosage de différents ingrédients

## II.2. Mélange

Le mélange a été fait à la main (**Figure 2.4**).

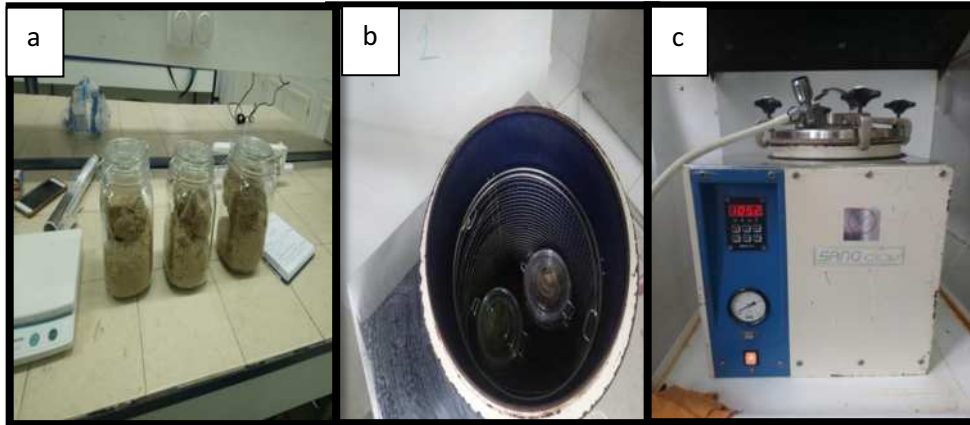
**Note :** Les micro-ingrédients (vitamines, minéraux, pigments caroténoïdes), dans notre cas le CMV, ont été pré-mélangés séparément avec la farine de poisson, avant d'être mélangés avec d'autres ingrédients alimentaires.



**Figure 2.4** : Mélange des ingrédients à la main

### II.3. Cuisson-stérilisation

Dans notre expérience, on a utilisé la méthode de compression (aliment compressé), où on a divisé le mélange déjà préparé, sur 3 bocaux en verre, bien fermés, et on les a mis dans un autoclave à 105 °C pendant 1 min.



**Figure 2.5 :** Autoclavage du mélange

**a :** mise du mélange dans des bocaux en verre bien fermés ; **b :** mise des bocaux dans l'autoclave ; **c :** fermeture et autoclavage à 105°C.

### II.4. Transformation de l'aliment sous forme granulée

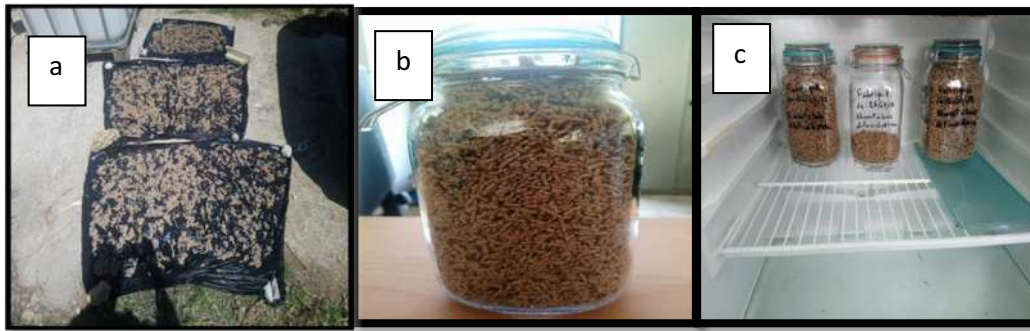
Juste après la cuisson, et pour avoir le granulé à diamètre voulu, on utilise la machine à viande hachée. Le disque utilisé est celui de 1 mm.



**Figure 2.6 :** Granulés de 1 mm

### II.5. Séchage et conditionnement

Le séchage a été effectué à l'air libre ; et le stockage s'était dans des bocaux en verre dans un réfrigérateur à 10 °C.



**Figure 2.7 :** Séchage et conditionnement de l'aliment fabriqué

**a :** séchage à l'air libre ; **b :** conditionnement de l'extrudé dans des bocaux en verre, **c :** stockage dans un réfrigérateur à 10°C

### III. Analyses microbiologiques et biochimiques de l'aliment fabriqué

Pour le suivi et le contrôle des performances de survie, de croissance et d'assimilation de la nourriture distribuée, différents contrôles de qualités ont été réalisés ; tels que les analyses microbiologiques et biochimiques.

Les analyses biochimiques ont été effectuées sur l'aliment à distribuer (aliment commercial, **A.C** et fabriqué, **A.F**) et sur la chair des poissons Tilapia à la fin de l'expérience.

#### III.1. Analyses microbiologiques

Un contrôle microbiologique est effectué afin d'en déterminer la comestibilité, en d'autres termes la quantité de germes acceptables dans l'aliment des poissons.

Ces analyses ont été réalisées en totalité au laboratoire de microbiologie de l'ENSSMAL.

Les germes contrôlés sont les suivants :

- Les *Pseudomonas*
- *Staphylococcus aureus*
- Les coliformes
- La flore mésophile totale

##### III.1.1. Les *Pseudomonas*

Les *Pseudomonas* sont des agents d'altérations des aliments, et *P. aeruginosa* est un agent de gastroentérites, alors la présence de ce genre de bactérie hors normes, influe sur la situation sanitaire des poissons, et même sur leur survie. Pour détecter ou nier la présence de ce germe, les analyses de A.F ont suivi les normes **AFNOR NF V 04-504** (septembre 1988).

##### III.1.2. *Staphylococcus aureus*

*S. aureus* est une coccobactérie Gram positif, catalase positive appartenant à la famille des *Staphylococcaceae*. Cette bactérie est une des principales causes de toxi-infections alimentaires,

résultant de la consommation d'aliments contaminés par des entérotoxines qui infecte aussi les poissons et les espèces aquatiques (AFNOR NF V 08-014 (1984)).

### III. 1.3. Les coliformes

Pour mettre en évidence la présence des coliformes dans A.F, la méthode **NNP** (Nombre le Plus Probable) est suivie (NF ISO 4832 (1991)).

Cette méthode repose sur l'emploi d'une procédure **NNP** comportant un bouillon au sulfate de lauryle et tryptose pour épreuve de présomption ; suivi de confirmation des tubes contenant du gaz par utilisation d'un bouillon lactosé à la bile et au vert brillant ; chacun étant maintenu à l'étuve à 37°C, pendant 24-48h.



**Figure 2.8** : Étapes de la méthode NNP

**a** : préparation du bouillon de lauryle et tryptose ; **b** : préparation de l'homogénéat ; **c** : ensemencement des tubes ; **d** : incubation à 37°C.

### III.1.4. La flore mésophile aérobie totale (F.M.A.T)

La F.M.A.T est un indicateur sanitaire qui permet d'évaluer le nombre d'UFC (Unité Formant une Colonie), dans un produit ou sur une surface. Ce dénombrement se fait à 30 °C. La F.M.A.T est présente dans tous les aliments mais ne doit pas dépasser certaines normes, dans notre cas les normes de l'ONAB ( $3 \times 10^6$ ) pour qu'elles ne deviennent pas toxiques pour le consommateur de l'aliment concerné (NFV 08 019 de décembre 1985 ISO 7937)).

Après le dénombrement des colonies dans les boîtes qui contiennent au moins 30 et au plus 300 colonies, on utilise la formule mathématique suivante :

$$N = \frac{\sum \text{colonies}}{[V_{ml} * (n_1 + 0.1n_2) * d_1]}$$

### III.2. Analyses biochimiques

Les analyses biochimiques ont porté sur le dosage des protéines, des lipides, et la détermination du taux d'humidité. Toutes les analyses ont été réalisées en triple (3 répétitions) au niveau du laboratoire de biochimie de l'ENSSMAL.

#### III.2.1. Extraction et dosage des protéines

L'extraction et le dosage des protéines ont été effectués selon la méthode de référence « Kjeldahl, 1883 ».

##### III.2.1.1. Principe

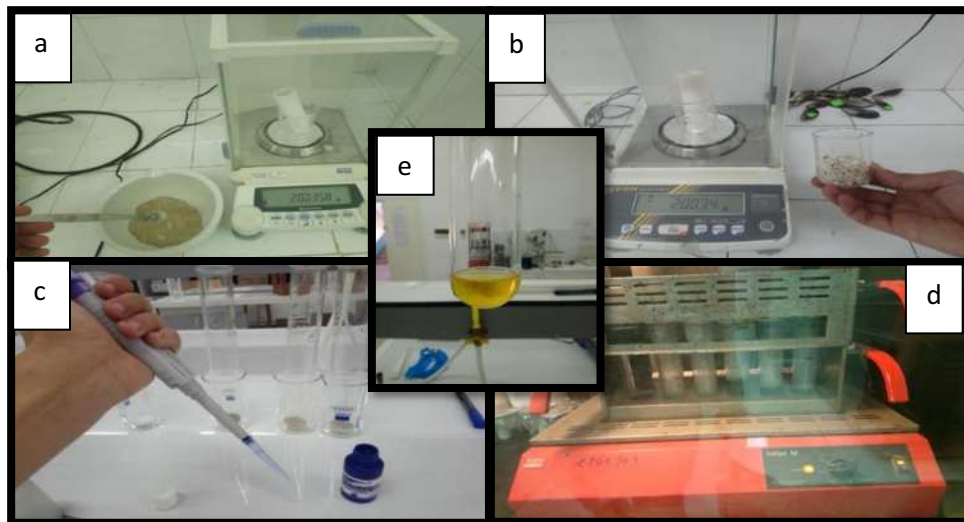
La détermination des protéines par la méthode Kjeldahl s'effectue en trois étapes :

- Digestion ou minéralisation de l'échantillon ;
- Distillation de l'ammoniac ;
- Titrage de l'ammoniac.

##### III.2.1.2. Les différentes étapes de la méthode

###### III.2.1.2.1. Minéralisation

Elle est effectuée à l'aide d'un appareil de minéralisation « Inkjel » équipé d'une plaque chauffante, un thermostat, un porte matras, un collecteur de fumées et un piègeur de fumées.



**Figure 2.9 :** Étapes de la minéralisation jusqu'à l'obtention d'une couleur limpide

**a :** pesée de 2 g de l'aliment bien broyé ; **b :** pesée de 2 g de la chair de Tilapia lyophilisée et broyée ; **c :** l'ajout d'un volume de 1 ml de peroxyde d'hydrogène ( $H_2O_2$ ) ; **d :** chauffage dans un appareil de minéralisation « Inkjel » durant 6h, jusqu'à l'obtention d'une couleur limpide ; **e :** la couleur limpide indiquée

### III.2.1.2.2. Filtration et dilution du minéralisat

Après minéralisation et obtention d'une couleur limpide, l'échantillon est filtré puis dilué (**Figure 2.10**) avant d'être mis à distiller.



**Figure 2.10** : Filtration (à gauche) et dilution du minéralisat (à droite )

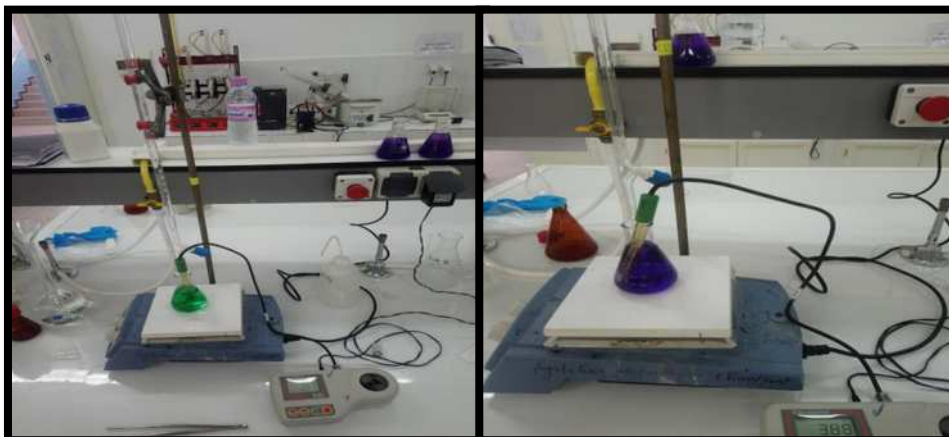
### III.2.1.2.3. Distillation

L'appareil utilisé dans la réalisation de la distillation est « Behr, Labor-Technik » (**Figure 2.11**).



**Figure 2.11** :L'appareil de « Behr, Labor-Technik » durant la distillation

### III.2.1.2.4. Titrage



**Figure 2.12** : Titrage de la solution obtenue

### III.2.1.2.5. Calcul du taux des protéines

Après titrage et obtention de la solution finale, on procède au calcul du taux des protéines selon l'équation suivante :

$$\% \text{ de protéine} = X * F = (2,803 * V * 100) / (1000 * m) * F$$

**X** : Quantité d'azote dans 100 g de l'échantillon ;

**F** : Facteur dépendant du type d'aliment analysé = 6,25 ;

**V** : Volume d'HCl (chlorure d'hydrogène);

**m** : Poids de l'échantillon en g.

### III.2.2. Extraction et dosage de la matière grasse (les lipides)

L'extraction des lipides totaux est réalisée par la méthode de référence (**Soxhlet, 1879**).

#### III.2.2.1. Présentation de la méthode

La méthode **Soxhlet** est celle de référence utilisée pour la détermination de la matière grasse dans les aliments solides déshydratés. C'est une méthode gravimétrique, puisqu'on pèse l'échantillon au début et la matière grasse à la fin de l'extraction (**voir annexe 2**).

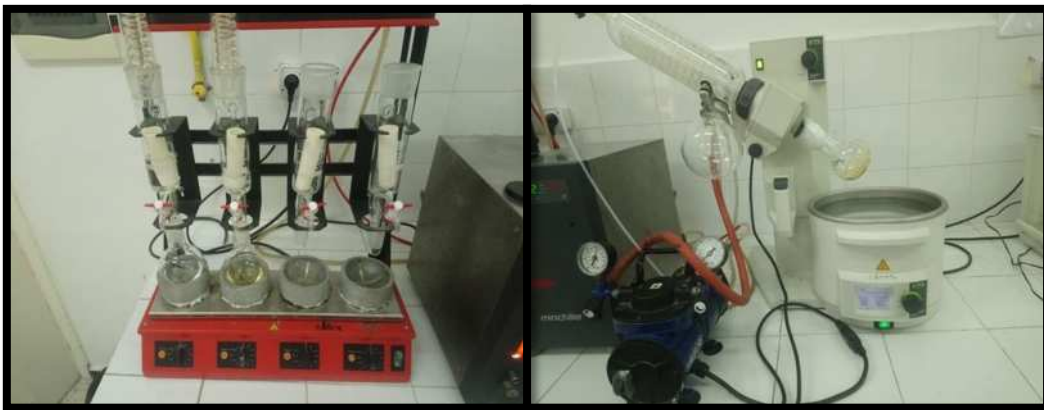


Figure 2.13 : Extraction et dosage des lipides

#### III.2.2.2. Calcul du taux des lipides

Le taux des lipides est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{ de lipides} = (P - P_0 / m) * 100$$

**P** : Poids du ballon rempli après séchage à l'étuve et refroidissement dans le dessiccateur ;

**P<sub>0</sub>** : Poids ballon vide ; **m** : Poids de l'échantillon (chair de poisson ou aliment).

### III.2.3. Détermination du taux d'humidité

La détermination du taux d'humidité est réalisée par la méthode (AOAC, 1980).

#### III.2.3.1. Principe

Séchage de l'aliment broyé à 103 °C dans une étuve jusqu'à l'obtention d'un poids constant (Annexe 3).

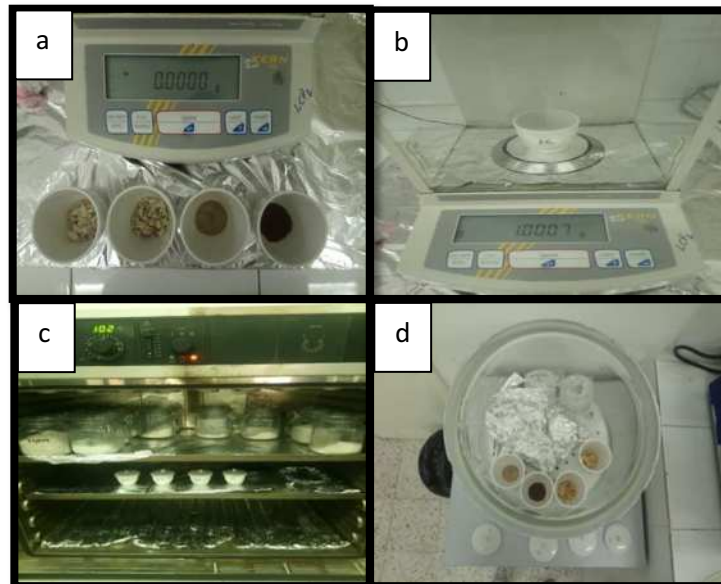


Figure 2.14 : Étapes de la méthode AOAC (taux d'humidité)

a : Préparation des échantillons ; b : Pesée des échantillons ; c : mise des capsules dans l'étuve à 103 °C ; d : refroidissement des capsules dans le dessiccateur.

#### III.2.3.2. Calcul du taux d'humidité

Le taux d'humidité est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{ d'humidité} = (P_1 - P_2 / P_1 - P_0) * 100$$

**P0** : Poids de la capsule sans couvercle ;

**P1** : Poids de la capsule + 1 g de l'échantillon ;

**P2** : Poids de la capsule + échantillon après étuvage et refroidissement ;

**Note** : la lyophilisation de la chair de poisson a été réalisée au niveau de la station de recherche de Sidi Fredj (ENSSMAL, Alger).



**Figure 2.15** : Lyophilisateur (à gauche), et chair du Tilapia lyophilisée (à droite)

#### IV. Élevage et le suivi des alevins

Afin d'étudier l'efficacité de A.F, par rapport à A.C sur les alevins de Tilapia du Nil *O. niloticus* (Linnaeus, 1758), une expérience s'est déroulée au niveau de la ferme expérimentale l'ENSSMAL (DelyIbrahim, Alger).

Deux aquariums rectangulaires de volume de 144 m<sup>3</sup> (**Figure 2.16**), une pompe d'oxygène (ATMAN, HP-8000) et 2 résistances (ATMAN, AT-180-IEC60335-1) de capacité 100 Watt réglées à une température égale à 28 °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 (LUTRON, GM-610P, **Figure 2.17**) et un pied à coulisse (**Figure 2.17**), respectivement. Un nettoyage total des aquariums a été effectué avec une fréquence de 5 jours, et un taux de renouvellement d'eau calculé à 10% du volume total par jour.



**Figure 2.16** : Aquarium d'élevage ensemené d'alevins de Tilapia pour débiter l'expérience



**Figure 2.17** : Balance électronique (à gauche), et pied à coulisse (à droite) pour la mesure du poids et de la taille des alevins

#### IV.1. Constitution des lots d'aquarium et des régimes alimentaires

Deux lots ont été constitués contenant chacun d'eux 40 alevins de poids moyen de  $1,62 \pm 0,20$  g (âge d'environ 1 mois et demi) et ont subi une période d'adaptation aux conditions expérimentales durant 20 jours. Les alevins du Tilapia ont été répartis dans les 2 aquariums comme le montre le **Tableau 2.3**.

**Tableau 2.2** : Constitution des lots et rations alimentaires distribuées.

	AQ 01	AQ 02
<b>Alevins (n)</b>	40	40
<b>Poids moyen initial (g)</b>	2,71	2,44
<b>Taille moyenne initiale (mm)</b>	54,81	52,67
<b>Régimes alimentaires*</b>	A.C	A.F
<b>Taux de protéines (%)</b>	45,0	41,0

\*A.C : Aliment Commercial ; A.F : Aliment Fabriqué

Dans chaque aquarium, un régime alimentaire a été distribué tout au long de l'expérience (**Tableau 2.3**). Les alevins du 1<sup>er</sup> aquarium (AQ 01) ont été nourris avec un aliment commercial (A.C, LE GOUSSANT) disponible au niveau de la station expérimentale de l'ENSSMAL (DelyIbrahim, Alger). Dans le 2<sup>ème</sup> aquarium (AQ 02), les alevins ont été nourris avec l'aliment d'essai (A.F, fabriqué).

#### IV.2. Mesures effectuées

Les mesures effectuées ont été réalisées sur la totalité d'individus de chaque aquarium.

La croissance est un facteur majeur en aquaculture ; c'est ce qui détermine la production et par conséquent la rentabilité de l'élevage. Pour cela le poids corporel et la taille totale (**Figure 2.17**)

des alevins ont été individuellement mesurés avec une fréquence de 5 jours sur une période de 49 jours. Les données initiales de l'expérience sont montrées sur le **Tableau 2.4**.

Les données enregistrées, ont permis de calculer le taux de croissance et évaluer l'efficacité alimentaire des alevins de Tilapia vis-à-vis des 2 types d'aliments distribués.

**Tableau 2.3** : Données initiales sur l'expérience.

	<b>AQ 01</b>	<b>AQ 02</b>
<b>Aliment utilisé</b>	Fabriqué	Commercial
<b>Nombre d'individu initial</b>	40	40
<b>Poids Total initial (g)</b>	97,6	108,2
<b>Nombre de mesure</b>	10	10
<b>Date de la 1<sup>ère</sup> mesure</b>	14 mai 2018	14 mai 2018
<b>Date de la dernière mesure</b>	01 juillet 2018	01 juillet 2018
<b>Intervalle entre Mesure (jours)</b>	05	05

### IV.3. Ration et fréquence de nourrissage

La ration journalière peut varier en fonction de plusieurs facteurs tels que la taille du poisson, ses besoins en protéines et sa capacité de digestion, la qualité de l'aliment et les conditions physico-chimiques du milieu (température, pH, O<sub>2</sub>, lumière...).

Selon **Jauncey et Ross (1982)**, la fréquence de nourrissage des larves et des jeunes alevins du Tilapia du Nil doit être au minimum de 4 fois par jour. Les deux aliments A.C et A.F ont été distribués aux poissons comme su cité et suivant des horaires fixes du jour : 9h, 11h, 13h, 15h.

#### IV.3.1. Technique d'alimentation

L'aliment a été distribué manuellement, répandu à la surface de chaque aquarium pour que les poissons puissent avoir toute leur ration sans qu'il n'y ait de cannibalisme entre eux. La ration alimentaire journalière est calculée après chaque mensuration des poissons (chaque 5 jours).

Du début de l'expérimentation jusqu'à la fin, la quantité d'aliment distribuée par bacs était de 6% du poids total des poissons de chaque aquarium selon les recommandations de **KUBARYK (1980)**.

La ration alimentaire journalière est calculée en suivant la formule :

$$Ra \text{ (g/j)} = P_{\text{moy}} * Tn * N$$

**Ra**: ration alimentaire journalière; **N**: Nombre total d'individus; **P<sub>moy</sub>**: Poids moyen des poissons;

**Tn** : Taux de nourrissage.

**Tableau 2.4** : Les quantités d'aliment distribuées aux alevins des deux aquariums pendant la période expérimentale.

Période	Aquarium 01 (R1)		Aquarium 02 (R2)	
	Ration journalière (g)	Fréquence (repas/j)	Ration journalière (g)	Fréquence (repas/j)
Du 1 <sup>er</sup> au 6 <sup>ème</sup>	6,49	4	5,856	4
Du 7 <sup>ème</sup> au 11 <sup>ème</sup>	7,54	4	6,63	4
Du 12 <sup>ème</sup> au 16 <sup>ème</sup>	9,42	4	8,87	4
Du 17 <sup>ème</sup> au 21 <sup>ème</sup>	14,41	4	14,19	4
Du 22 <sup>ème</sup> au 27 <sup>ème</sup>	16,93	4	16,44	4
Du 28 <sup>ème</sup> au 32 <sup>ème</sup>	24,64	4	24,17	4
Du 33 <sup>ème</sup> au 37 <sup>ème</sup>	28,92	4	27,95	4
Du 38 <sup>ème</sup> au 42 <sup>ème</sup>	32,70	4	30,14	4
Du 6 <sup>ème</sup> au 11 <sup>ème</sup>	36,13	4	34,08	4
Du 43 <sup>ème</sup> au 49 <sup>ème</sup>	40,52	4	37,99	4
<b>Total</b>	870,81		825,26	

#### IV.4. Qualité de l'eau d'élevage

La maîtrise de l'élevage du *Tilapia nilotica* passe par le contrôle d'hygiène des infrastructures de l'élevage et les paramètres physico-chimiques de l'eau.

##### IV.4.1. Hygiène et prophylaxie

Le suivi de l'expérimentation a été réalisé selon les opérations suivantes :

- Siphonage des aquariums ;
- Nettoyage et rinçage du matériel après chaque utilisation ;
- Nettoyage de la zone de travail afin d'éviter toute accumulation de déchets.

#### IV.4.1. Paramètres physiques et chimiques

Le suivi et le contrôle des différents paramètres physico-chimiques pendant l'expérimentation ont été réalisés en utilisant le matériel suivant :

- Appareil de mesure de la température (type : HI 9040, marque : HANNA).
- Un pH mètre (type : HI 208, marque : HANNA).
- Un spectrophotomètre (type : 6405 UV /Visible, marque : JENWAY).



Figure 2.18 : Mesure quotidienne de la température

Les mesures quotidiennes effectuées (T°C, pH) sont détaillées dans l'Annexe 4.

##### IV.4.1.1. Paramètres chimiques

Les analyses des sels nutritifs (les nitrites, les nitrates, ammoniacque, ammonium) de l'eau ont été réalisées au niveau de la station de recherche de l'ENSSMAL à Sidi Fredj, par la méthode spectrale après chaque pesée et mensuration des poissons. Le protocole des dosages est celui d'AMINOT et CHAUSSEPIED (1983).

#### V. Les performances zootechniques

Les paramètres d'efficacité d'utilisation de l'aliment testé ont été calculés selon les formules suivantes :

##### V.1. Gain de Poids Moyen (GPM)

Un indice qui permet d'évaluer la croissance pondérale des poissons pendant un temps donné. Il est calculé à partir de la formule ci-dessous :

$$\text{GPM} = P_{mf}(g) - P_{mi}(g)$$

$P_{mf}$  : poids moyen final

$P_{mi}$  : poids moyen initial

### V.2. Taux de Croissance Spécifique (TCS)

Ce coefficient permet d'évaluer le poids gagné par le poisson chaque jour, en pourcentage de son poids vif :

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

$\text{P}_{\text{mf}}$  : poids moyen final

$\text{P}_{\text{mi}}$  : poids moyen initial

### V.3. 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 :

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

$\text{P}_{\text{mf}}$  : poids moyen final

$\text{P}_{\text{mi}}$  : poids moyen initial

### V.4. Taux de survie (TS en %)

Il est calculé selon la formule :

$$\text{TS} = (\text{NP}_{\text{f}} / \text{NP}_{\text{i}}) \times 100$$

$\text{NP}_{\text{f}}$  : Nombre de poissons à la fin de l'expérience ;  $\text{NP}_{\text{i}}$  : Nombre de poissons au début de l'expérience

### V.5. Indice de Conversion de l'aliment (IC)

C'est un paramètre très important qui détermine le rendement de l'ingestion de l'aliment testé :

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

**VII. Analyse statistique**

Pour l'analyse statistique des résultats, les données biométriques pour chaque répétition sont considérées comme une observation.

Ces résultats ont été comparés statistiquement par l'analyse de la variance à un caractère (ANOVA), après vérification préalable de l'homogénéité des variances et de la normalité des données à analyser.

Lorsque l'ANOVA se révélait significative, le test de Scheffé a été utilisé pour la comparaison multiple des moyennes. Pour ces comparaisons, le seuil de signification de 5% est retenu.

Le F de Scheffé est un test qu'on applique souvent après une ANOVA : on parle de test post-hoc (au même titre, par exemple, qu'un test de Tukey). En effet, l'ANOVA à un seul facteur permet de mettre en évidence (le cas échéant) le fait qu'au moins un groupe a une moyenne différente des autres ; si la population est supérieure à 30 on utilise le test de Scheffé.

# **Chapitre III :**

## **Résultats et discussion**

## I. Analyse d'efficacité de la formule de l'aliment par le logiciel INRAtion

Pour approuver l'efficacité de la formule d'essai, le logiciel **INRAtion** (INRA, France) a été utilisé, basé sur des tables de valeurs nutritives mises en place par l'Institut National de Recherches Agronomiques (INRA, France).

Les résultats d'analyse de la formule d'essai pour préparer les ingrédients et constituer l'aliment fabriqué (**A.F**) sont représentés dans le **Tableau 3.1** :

**Tableau 3.1** : Résultats d'analyse de la formule d'essai traitée par le logiciel **INRAtion**.

Composition		Nutriments				
Matière	Pourcentage (%)	Nutriment	Unité	Valeur	Minimum	Maximum
C.M.V	0,1	Poids	%	100	100	100.00
Farine de poisson	36,7	Lys tot.	%	1.95	1.89	
Huile végétale	0,7	P.B	%	32.61	32.00	
Amidon de Maïs	12,5	M.G	%	8.34	8.00	
Farine de blé	50	M.M	%	8.30		8.00
<b>Total</b>	100	<b>E.M</b>	KCAL/kg	2 625.17	2 500.00	
		<b>P dispo</b>	%	1.07	0.90	
		<b>Met</b>	%	0.91	1.22	

**Lys tot** : Lysine total ; **P.B** : Protéines Brutes; **M.G**: Matière Grasse, **M.M**: Matière Minérale, **E.M**: Energie Métabolisable ; **P dispo** : Phosphate disponible, **Met** : Méthionine.

## II. Aspect et analyses microbiologiques et biochimiques des aliments

### II.1. Stabilité de l'aliment

L'aliment commercial (**A.C**) a présenté une meilleure stabilité dans l'eau de l'aquarium lors de sa distribution aux poissons par rapport à **A.F** (l'eau apparaît trouble après sa distribution), et cela peut être expliqué par un procédé inapproprié lors de la production des granulés. En effet, lors de la fabrication et séchage de **A.F**, une forme pulvérulente est observée (se réduit facilement en poudre).

### II.2. Discussion des résultats microbiologiques

Dans notre étude, nous avons considéré les normes suivies par le laboratoire d'analyse des aliments de l'ONAB comme nos références. De ce fait, l'aliment fabriqué distribué aux poissons s'est avéré conforme à ces normes et ne présente aucun risque sanitaire pour les alevins du Tilapia (**Tableau 3.2**).

**Tableau 3.2** : Analyses microbiologiques de l'aliment fabriqué et les normes sanitaires standards de l'ONAB:

Micro- organismes	Résultats obtenus (UFC)	Norme ONAB (UFC)
<b>Flore mésophile totale</b>	$1,3 \times 10^3$	$3 \times 10^6$
<b>Coliformes fécaux</b>	0	$3 \times 10^3$
<i>Pseudomonas</i>	330	$10^4$
<i>Staphylococcus aureus</i>	0	$10^5$
<i>Salmonella</i>	0	Absence dans 25 g

Les résultats obtenus après analyses microbiologiques au niveau du laboratoire de l'ENSSMAL (**Tableau 3.1**) montrent que A.F est conforme aux normes de l'ONAB. Par conséquent l'aliment objet de notre étude a été formulé et fabriqué dans de bonnes conditions d'hygiène, aussi bien conservé que conditionné ; et a été propre à distribuer aux poissons Tilapia.

### II.3. Discussion des résultats biochimiques

Le **Tableau 3.3** récapitule les résultats d'analyses biochimiques obtenus (protéines, lipides, et taux d'humidité):

**Tableau 3.3** : Analyses biochimiques des 2 aliments (A.C, commercial ; A.F, fabriqué), et de la chair des poissons Tilapia.

	Aliment				Chair		
	Fabriqué	Commercial	E.P	Besoins*	A.F	A.C	Norme **
<b>Protéines (%)</b>	41,1	42,6	45	30 - 45	16,27	16,7	17,4-19,4
<b>Lipides (%)</b>	6,4	7,8	6,3	6 - 10	1,52	1,9	1,5-2,7
<b>Humidité (%)</b>	6,3	8,9	8	—	—	—	—

A.F : Aliment Fabriqué ; A.C : Aliment Commercial ; E.P : Valeur Étiquetée sur le Produit ;

\* : LAZARD, (2007) ; \*\* : NUTRAQUA, (2018)

Comparons les résultats obtenus avec les besoins théoriques, et la valeur nutritionnelle théorique de la chair du Tilapia du Nil :

Les analyses biochimiques montrent que les teneurs en protéines des 2 aliments testés, qui sont de 41,1 et de 42,6% pour A.F et A.C respectivement, répondent aux besoins théoriques du Tilapia du Nil mentionnés par LAZARD, (2007) ; qui sont de 30 à 45%, selon le stade de développement du poisson.

Quant aux teneurs en lipides, qui sont de 6,4 et de 7,8% pour A.F et A.C respectivement, elles répondent aux besoins théoriques du Tilapia du Nil mentionnés par le même auteur ; qui sont de 6 à 10%, dépendant aussi du stade de développement du poisson.

La teneur en humidité détermine les conditions de stockage des aliments et est inversement proportionnelle à leur durée de vie. Selon le **Tableau 3.3**, les valeurs de l'humidité de A.F et A.C sont acceptables et ceux enregistrés pour A.F sont plus favorables à son conditionnement et longévité.

Concernant la composition de la chair du *Tilapia nilotica* en protéines, les analyses montrent que les teneurs en protéines sont très proches (16,3% pour la chair de poisson alimentés par A.F, et 16,7% pour les poissons alimentés par A.C), mais demeurent au-dessous des teneurs théoriques (17,4 à 19,4%) rapportées par (NUTRAQUA, 2018).

La composition de la chair en lipides, représente 1,5 et 1,9% pour les poissons nourris par A.C et A.F, respectivement (**Tableau 3.3**) ; ce qui démontre que les valeurs lipidiques des 2 chairs des poissons nourris par A.C et A.F sont conformes aux normes (1,5 à 2,7% de la composition totale de la chair du Tilapia du Nil) mentionnée par (NUTRIAQUA, 2018).

En récapitulant, du point de vue des résultats d'analyses biochimiques (**Tableau 3.3**), il n'y avait pas de différence entre A.C et A.F et tous les tests étaient conformes aux normes considérées ; exception pour la valeur nutritionnelle protéique de la chair des poissons Tilapia alimentés avec A.C et A.F.

### III. Caractéristiques du milieu d'élevage

Les données de mesure des paramètres physico-chimiques (température, pH) des deux aquariums sont reprises sous formes de tableaux dans l'**annexe 4**.

Concernant la qualité de l'eau des deux aquariums, elle est comprise dans la gamme de valeurs optimales recommandées.

La mesure des températures de l'eau des 2 aquariums (entre 26,1 et 28,8 °C avec une moyenne de  $27,8 \pm 0,6$  °C pour A.C, et entre 26,4 et 29 °C avec une moyenne de  $27,8 \pm 0,7$  °C pour A.F) sont correspondantes à celles rapportées par BALARIN et HALTON (1979) (14-33°C). Par ailleurs, MALCOLM et al. (2000) ont trouvé qu'une température comprise entre 26 et 28 °C est optimale pour la croissance des Tilapias.

Les variations du pH pour les 2 aquariums (7,3 - 8,0) se situent dans l'intervalle de limites pour la croissance de *Tilapia nilotica* (5 - 11) d'après MALCOLM et al. (2000). En effet, une croissance optimale du Tilapia est obtenue à un pH compris entre 8 et 11 (GEORGE, 1975).

Les résultats de mesure des sels nutritifs des deux aquariums sont représentés dans le **Tableau 3.4** :

**Tableau 3.4** : Mesures des sels nutritifs de l'eau des aquariums

Sel nutritif	Moyenne	Minimum	Maximum
Nitrites A.C (mg/l)	$0,37 \pm 0,6$	0,11	0,97
Nitrites A.F (mg/l)	$2,73 \pm 1,2$	0,89	4,12
Nitrates A.C (mg/l)	$14,8 \pm 0,9$	11,5	18,8
Nitrates A.F (mg/l)	$18,1 \pm 1,4$	10,1	22,9
Ammoniaque total A.C (mg/l)	$0,73 \pm 0,4$	0,31	1,38
Ammoniaque total A.F (mg/l)	$1,80 \pm 1,1$	0,96	2,77

Dans l'aquarium où les Tilapia ont été nourri par A.C, les concentrations en nitrites varient entre 0,11 et 0,97 mg/l avec une moyenne de  $0,37 \pm 0,6$  mg/l ; et en nitrates de 11,5 à 18,8 mg/l avec une moyenne de  $14,8 \pm 0,9$  mg/l, alors les valeurs étaient relativement faibles et sont en dessous

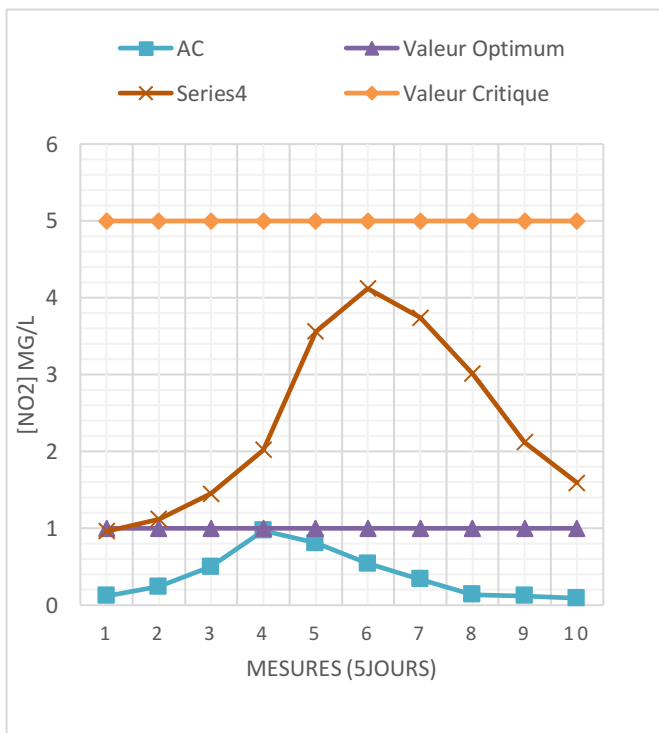
de la limite de détection de pollution (**Tableau 1.1**) recommandées pour la survie des Tilapias d'après BEVERIDGE et *al.* (2000).

Dans l'autre aquarium où les Tilapia ont été nourri par A.F, les concentrations étaient entre 0,89 et 4,12 mg/l pour les nitrites avec une moyenne de  $2,73 \pm 1,2$  mg/l (optimum,  $< 1$  ; valeur critique,  $> 5$ ). Pour les nitrates, nous avons obtenu des valeurs comprises entre 10,1 et 22,9 mg/l avec une moyenne de  $18,1 \pm 1,4$  mg/l (optimum,  $< 20$  ; valeur critique  $> 500$ ).

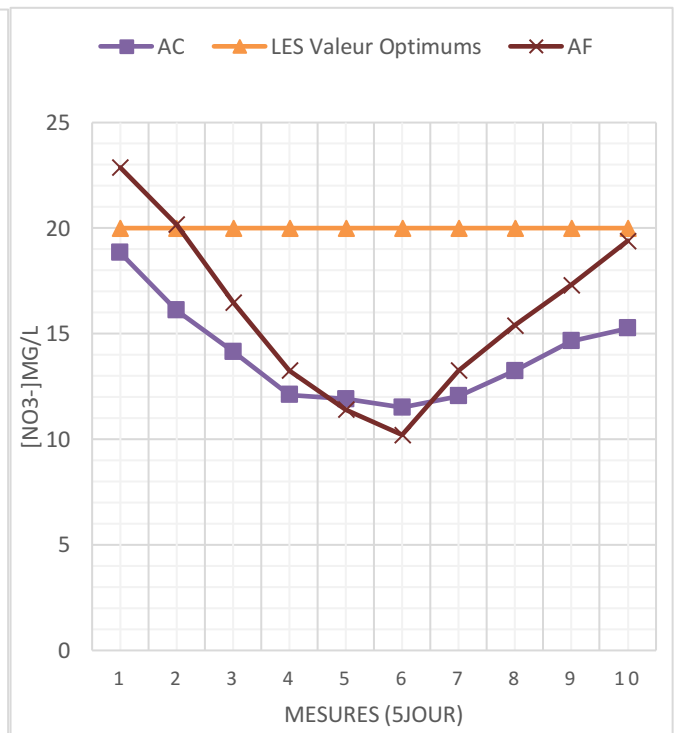
Pour les nitrates et les nitrites, la sur-concentration dans l'aquarium A.F après quelques jours de renouvellement de l'eau (surtout les 3 premiers prélèvements), est expliquée par le manque d'acceptabilité de l'aliment par les alevins de Tilapia au début de l'expérience (**Figure 3.1.a** et **3.1.b**), mais elles restent dans l'intervalle de tolérance. Probablement aussi, cet accroissement des  $\text{NO}_3^-$  et  $\text{NO}_2^-$  au cours de cette période peut être dû à la taille du granulé (longueur) qui n'était pas bien adaptée avec la taille de la bouche des juvéniles, ce qui a engendré un refus, par conséquent une accumulation de l'aliment sur le fond de l'aquarium. Avec les dépôts successifs et l'aliment qui se dégradait complètement avec le temps, ça a engendré un changement de l'aspect de l'eau, et une augmentation des concentrations des ions dans le milieu.

Pour A.C, l'acceptabilité au début a été aussi faible, mais l'aliment est bien encapsulé, et résiste mieux dans l'eau ce qui a engendré une moindre dégradation, alors moins d'ions nitrates/nitrites.

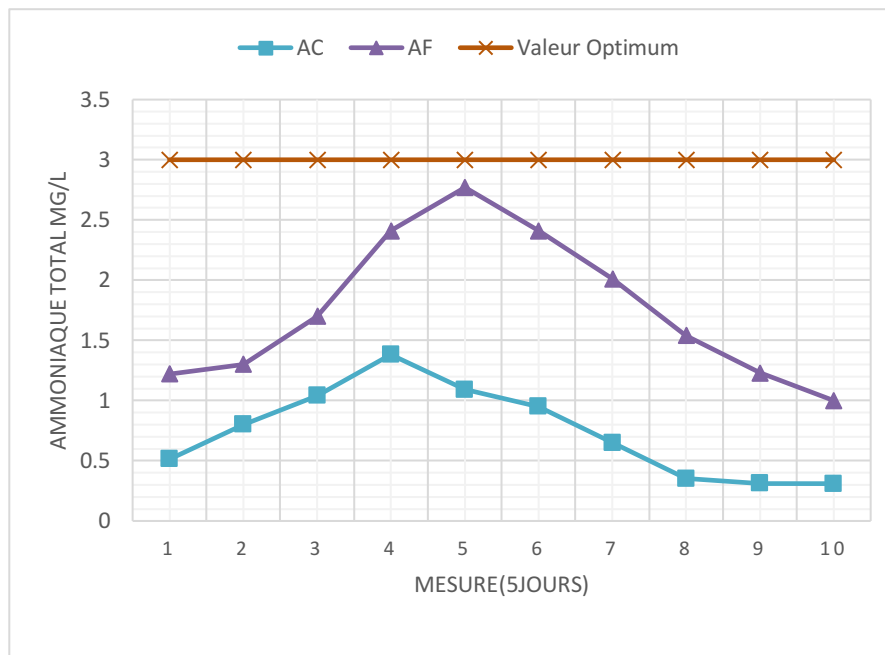
L'ammoniaque totale (ammonium + ammoniaque) varie entre 0,31 et 1,38 mg/l avec une moyenne de  $0,73 \pm 0,4$  mg/l pour A.C, et entre 0,96 et 2,77 mg/l avec une moyenne de  $1,80 \pm 1.1$  mg/l pour A.F; alors que les concentrations pour les deux aquariums sont dans les gammes de valeurs optimales recommandées (**Figure 3.1.c**), (optimum,  $< 3$  ; valeur critique,  $> 15$ ) d'après le même auteur).



**Figure 3.1.a** : Évolution des ions Nitrites dans les deux aquariums



**Figure 3.1.b** : Évolution des ions Nitrates dans les deux aquariums



**Figure 3.1.c :** Évolution des taux d'ammoniaque total dans les deux aquariums

Les Tilapias sont des poissons ammoniotéliques, qui excrètent leurs déchets azotés (ammoniaque + ammonium) par les branchies et l'urée (BARABE, 1989). Dans notre expérience, L'excrétion de ces déchets azotés étaient en fonction de la température, qui a été optimale ( $27,8 \pm 0,6$  °C pour A.C, et  $27,8 \pm 0,7$  °C pour A.F), leur taille qui augmentait le long de la période expérimentale (**Figure 3.2 et 3.3**), et la qualité de l'aliment (degré de digestibilité des protéines).

Les mesures hebdomadaires d'ammoniaque total (**Tableau 3.4**) peuvent nous renseigner sur le devenir des protéines (anabolisme ou catabolisme), puisque les autres facteurs ( $T^\circ$ , pH, taux de nourrissage), sont restés presque constants durant toute l'expérience.

Ainsi, une part des protéines de A.F n'est pas utilisée pour l'anabolisme (probablement à cause de la présence de facteurs antinutritionnels). Ce qui explique l'augmentation des taux de l'ammoniaque total dans l'aquarium nourri par A.F.

Par contre, une plus grande part des protéines de A.C est utilisée dans l'anabolisme. Ce qui explique les faibles taux de l'ammoniaque total dans l'aquarium nourri par A.C.

D'après KAUSHIK (1995), les pertes azotées d'origine digestive sont en général faibles (de l'ordre de 10% de l'azote ingéré) chez les poissons ou les crustacés recevant des aliments contenant de bonne source protéique.

Dans les deux aquariums, l'augmentation des besoins énergétiques des poissons a causé l'augmentation du taux de l'ammoniaque total enregistré.

#### IV. Performances zootechniques

Afin d'évaluer la croissance des poissons *O. niloticus* au cours de l'expérience, des méthodes analytiques fondées sur la détermination des différents indices zootechniques couramment utilisés ont été appliquées. Les principaux résultats obtenus sont mentionnés dans le **Tableau 3.5**.

**Tableau 3.5:** Paramètres zootechniques chez les alevins d'*O. niloticus* recevant 2 régimes alimentaires différents.

Paramètre zootechnique	Régime alimentaire	
	Aliment commercial (R1)	Aliment fabriqué (R2)
Taux de survie (%)	100	95
Poids moyen initial (g)	2,71 ± 0,76	2,44 ± 0,68
Poids moyen final (g)	16,88 ± 3,77	16,66 ± 3,76
Poids Total final (g)	633,2	675,3
GPM (g)	14,18	14,22
GMQ (g/poisson/j)	0,29	0,29
TCS (%/j)	3,74	3,92
Aliment distribué total (g)	870,81	825,27
IC	1,54	1,54

##### IV.1. Taux de survie

Le taux de survie durant l'expérience est maximal pour A.C et de 95% pour A.F. Le taux de mortalité qui est de 5% pour A.F est dû à une erreur de manipulation. L'incident est survenu au 37<sup>ème</sup> jour de l'expérience où 2 poissons Tilapias ont été aspirés par le tuyau lors d'un siphonage (renouvellement de l'eau) au niveau de l'aquarium nourri par A.F.

##### IV.2. Croissance des poissons Tilapias

Les poissons Tilapias utilisés dans l'expérience avaient un poids moyen initial de 2,71 ± 0,76 g dans l'aquarium A.C, et de 2,44 ± 0,68 g pour l'aquarium A.F (**Tableau 3.5**). Pas de différence ( $P > 0,05$ ) entre A.C et A.F concernant le poids moyen initial ; ce qui a permis d'entamer l'expérience dans des conditions souhaitées, sachant que les 2 lots contenaient des poissons de même poids initial.

Après 49 jours de nourrissage, les sujets soumis au régime R2 (A.F) ont enregistré un gain de poids inférieur à 1% par rapport aux sujets soumis au régime R1 (A.C).

Les gains de poids moyen (GPM) des 2 lots A.C et A.F n'ont pas montré de différence ( $P > 0,01$ ), ce qui démontre que A.F a donné des résultats similaires (croissance des Tilapia) que A.C. Les indices de conversions (IC) des 2 lots (**Tableau 3.5**) ont donné un résultat similaire (1,54 pour les 2 aquariums).

Le taux de croissance spécifique (TCS), le gain du poids moyen (GPM), le gain du poids quotidien (GPQ) montrent que les 2 régimes R1 et R2 ne présentent pas de différence significative ( $P > 0,05$ ). Ceci peut être expliqué par les teneurs proches en protéines (différence de 1,56% seulement entre les deux régimes), résultat que les protéines de ces 2 régimes ont été bien converties en poids chez les poissons Tilapias des 2 aquariums.

L'analyse statistique des données (taille moyenne, poids moyen) de la présente étude effectuée par la méthode ANOVA à un facteur avec une probabilité d'erreur de 5%, indique que les alevins d'*O. niloticus*, soumis au régime R1 comparativement à ceux qui ont soumis au régime R2, ont eu une croissance statistiquement non significative ( $P > 0,05$ ).

Cependant, il existe une légère dispersion non remarquable en terme de variance factorielle enregistrée au début de l'expérience (J1 jusqu'au jour J11), cette dernière est due au stress subi par les alevins du Tilapia (**Figure 3.2**).

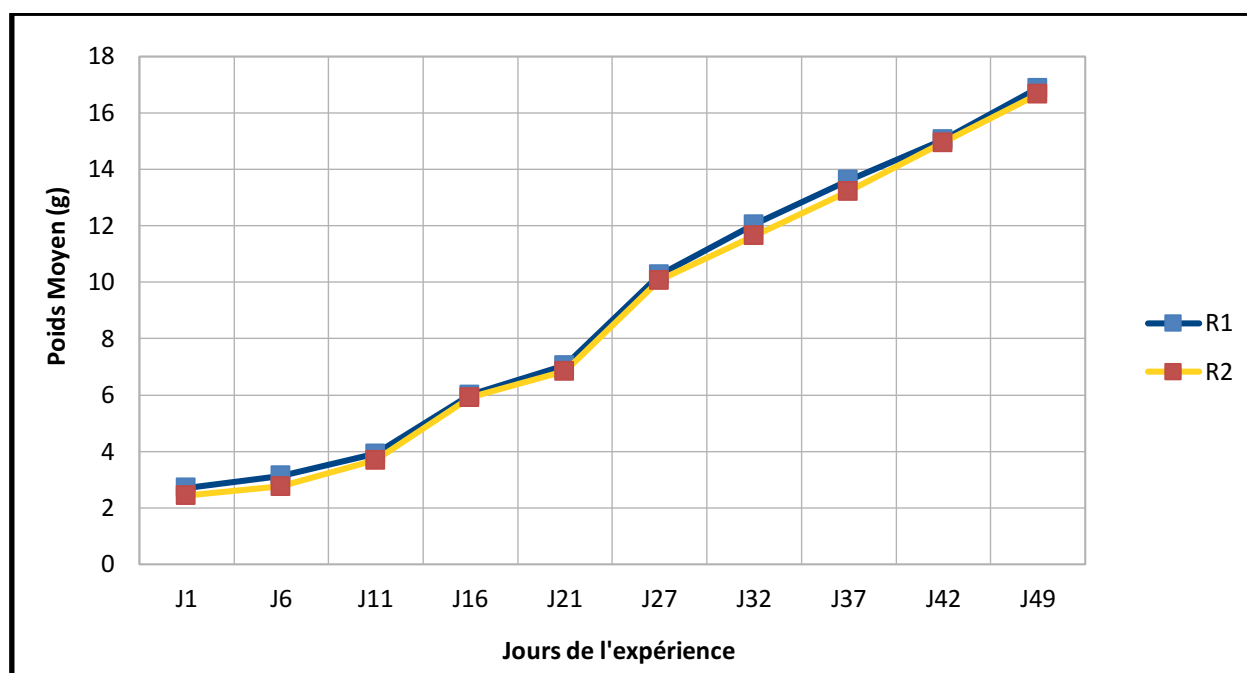
On peut conclure : quel que soit le choix du type d'aliment (R1 ou R2) distribué, les alevins mis dans les 2 aquariums se sont développés au même rythme.

**Le Tableau 3.6** : Tailles moyennes et poids moyens des poissons Tilapia soumis aux 2 régimes alimentaires

Traitements alimentaires						
		Aliment commercial (R1)		Aliment fabriqué (R2)		
Jours	N=	Taille (cm)	Poids (g)	N=	Taille (cm)	Poids (g)
<b>J1</b>	40	5,48 ± 0,49	2,70 ± 0,76	40	5,26 ± 0,39	2,44 ± 0,68
<b>J6</b>	40	5,79 ± 0,52	3,14 ± 1,09	40	5,65 ± 0,33	2,76 ± 0,36
<b>J11</b>	40	6,56 ± 0,60	3,93 ± 1,37	40	6,38 ± 0,48	3,69 ± 1,04
<b>J16</b>	40	7,16 ± 0,68	6,01 ± 1,81	40	6,91 ± 0,52	5,91 ± 1,34
<b>J21</b>	40	7,45 ± 0,65	7,05 ± 2,04	40	7,25 ± 0,69	6,85 ± 1,92
<b>J27</b>	40	8,65 ± 1,14	10,27 ± 3,19	40	8,38 ± 0,78	10,07 ± 2,48
<b>J32</b>	40	8,72 ± 0,87	12,05 ± 3,35	40	8,54 ± 0,80	11,65 ± 2,40
<b>J37</b>	40	9,59 ± 1,05	13,63 ± 3,44	38	9,33 ± 0,68	13,22 ± 2,62
<b>J42</b>	40	10,25 ± 0,97	15,05 ± 4,79	38	10,03 ± 0,96	14,95 ± 4,30
<b>J49</b>	40	11,81 ± 0,65	16,88 ± 3,77	38	11,54 ± 0,70	16,66 ± 3,76

N : Nombre d'individus.

La représentation graphique de l'évolution du poids moyen et de la taille moyenne des poissons Tilapia soumis aux 2 régimes alimentaires durant l'expérience est représentée dans les **Figures 3.2 et 3.3**, respectivement.



**Figure 3.2 :** Évolution du poids moyen (g) des Tilapia *O. niloticus* durant la période expérimentale recevant deux régimes alimentaires (R1 et R2)

D'après l'observation des courbes de croissance de la **Figure 3.2**, durant toute la période de nourrissage, la croissance des alevins de Tilapia est presque similaire quel que soit le régime distribué. A partir du 11<sup>ème</sup> jour de nourrissage, la croissance des poissons commence à varier en montrant que les Tilapia nourris avec les deux régimes R1 et R2 ont eu une croissance plus importante par rapport aux jours qui précèdent, ce qui est montré par les données du **Tableau 3.7**. Cela est dû à l'adaptation des alevins avec les nouvelles conditions et les nouveaux régimes alimentaires.

**Tableau 3.7 :** Vitesse moyenne de croissance (Tangente)  $\Delta P_{mi}/\Delta T_i$  en Poids moyen des Tilapia soumis aux 2 régimes alimentaires

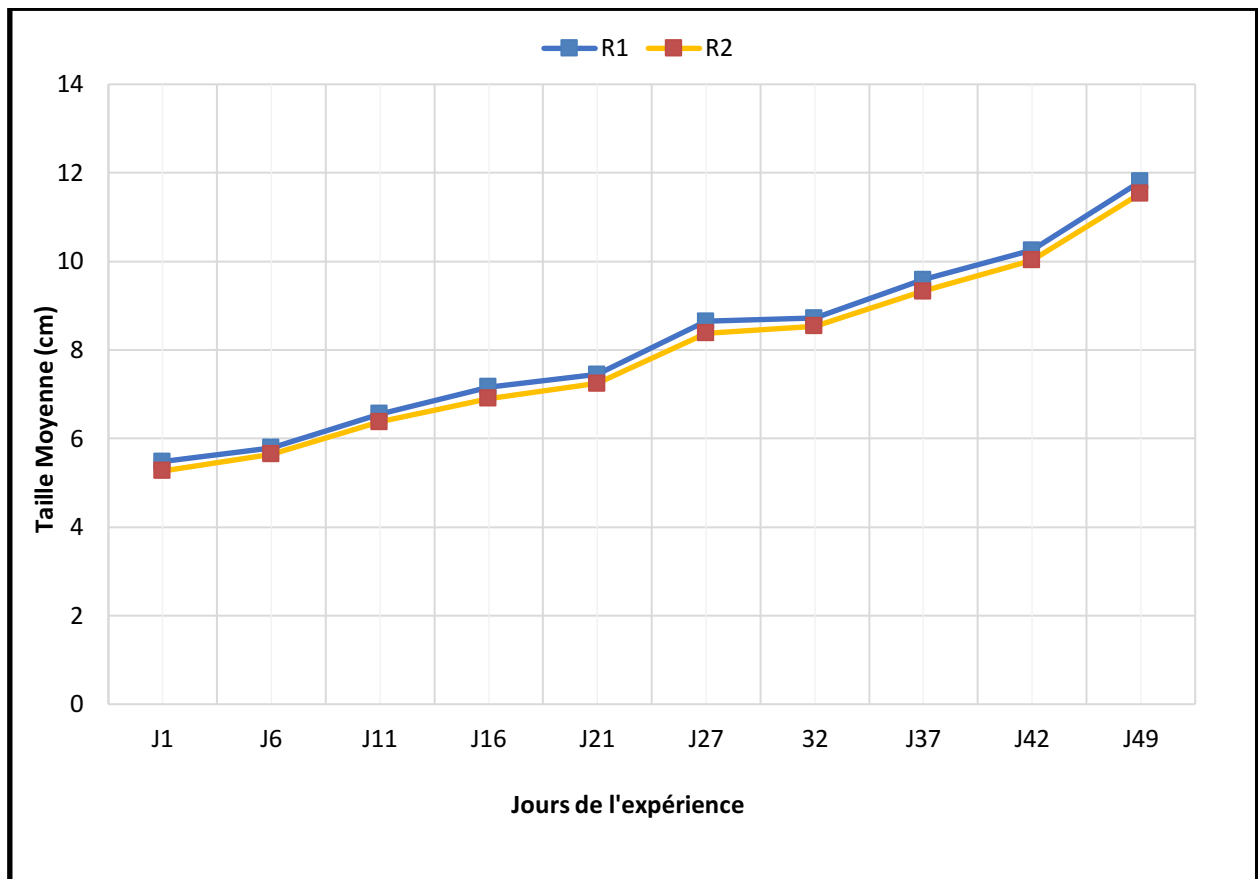
Aliment \ Durée	J1 - J11	J11 - J27	J27 - J49
A.F	0,12 g/jour	0,39 g/jour	0,29 g/jour
A.C	0,12 g/jour	0,30 g/jour	0,30 g/jour

Avec  $\Delta P_{mi}$  : l'écart de Poids moyenne durant la durée considérée (g)

$\Delta T_i$  : Durée estimée (jours)

Le gain de poids moyen du 1<sup>er</sup> au 21<sup>ème</sup> jour, était égale à 4,4 g, et du 21<sup>ème</sup> au 42<sup>ème</sup> jour, le G.P.M a été de 8,0 g, alors la croissance a quasiment doublé.

Les poissons Tilapia se sont développés et ont atteint en moyenne le double de leur taille au bout de 49 jours de l'expérience ; sans différences significatives ( $P > 0,05$ ) entre les régimes alimentaires distribués (**Figure 3.3**).



**Figure 3.3 :** Évolution de la taille moyenne (cm) des Tilapia *O. niloticus* durant la période expérimentale recevant deux régimes alimentaires (R1 et R2)

Quant à la taille des Tilapia, tous les poissons ont eu une taille approximativement similaire de l'ordre de 5,4 cm au début de l'expérience.

La taille moyenne des Tilapia augmente en fonction des jours de l'expérience dans les 2 aquariums (**Figure 3.3**) jusqu'à atteindre une valeur maximale de  $11,8 \pm 0,65$  cm pour le R1 et de  $11,5 \pm 0,70$  cm pour le R2 (**Tableau 3.6**).

D'après le **Tableau 3.6**, la **Figure 3.2** et la **Figure 3.3**, du début du nourrissage jusqu'à la fin de l'expérience, la croissance des alevins nourris avec le régime R1 est similaire à celle mesurée chez les alevins nourris avec le R2.

# **Conclusion**

**Conclusion**

Dans le contexte du développement de la fabrication d'aliment pour poisson et afin de développer les élevages piscicoles, ce travail consiste en une contribution à l'obtention d'un aliment de bonne qualité et à partir de ressources disponibles localement. Ceci nécessite évidemment une étude préliminaire et approfondie sur les besoins nutritionnels de l'espèce ciblée ainsi que de la disponibilité des matières premières au niveau local. L'objectif est d'obtenir un bon aliment sur les plans : valeur nutritive, valeur économique, adaptabilité aux besoins et assimilation par l'espèce, et en fin assurer une croissance optimale des juvéniles de Tilapia du Nil.

Ce travail a contribué à mettre en place un protocole de formulation et de fabrication d'un aliment extrudé d'une nouvelle technique qui est la cuisson- extrusion. Cette dernière est un procédé souvent difficile à maîtriser en raison du nombre important de paramètres intervenant dans le processus.

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. Souvent, il est 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 doit être bien maîtrisée ; permettant d'assurer une bonne stabilité de l'aliment dans l'eau et une densité adéquate de ses granulés.

L'étude de croissance des juvéniles de Tilapia du Nil montre qu'il n'y a pas eu de différence dans les moyennes de taille et de poids entre l'aliment fabriqué et celui commercialisé ; ce qui est démontré par les IC similaires (1,54) des deux aliments (AC et AF), prouvant que A.F est efficace.

Le régime expérimental que nous avons adopté est formulé à base de farine de poisson, farine de blé et l'amidon de maïs, aliment de croissance pour les Tilapias à une composition chimique nutritionnelle adéquate répondant aux besoins réels des alevins.

Alors, pour augmenter les performances de la croissance, on recommande des régimes plus étudiés composés à base d'ingrédients présélectionnés, pouvant couvrir les besoins nutritionnels en plus de la maîtrise des autres paramètres de production telle que la qualité et la température de l'eau, la densité, et la reproduction.

Des améliorations (texture, stabilité dans l'eau) peuvent être portées à l'aliment fabriqué, en utilisant des machines spécialisées de la nouvelle technologie, pour le présenter sous forme de granulés adaptés à la taille de la bouche du poisson et éviter des pertes considérables dans l'eau. Aussi, l'encapsulation de l'aliment permettrait de stabiliser ses ingrédients quand il est mis en contact avec l'eau et éviter son changement d'aspect et variations des concentrations des ions (Nitrites et Nitrates). De plus, durant la période de stockage de l'aliment, cette technique permettrait de mieux le conserver en évitant l'évaporation et sa dégradation.

# **Bibliographie**

- **Aminot, A., & Chaussepied, M. (1983).** Manuel des analyses chimiques en milieu marin (No. 551.464 AMI).
- **Arrignon, J. C. (1998).** Tilapia. CTA.
- **Arrignon, J., & et Technique, A. D. C. C. (1993).** Pisciculture en eau douce: le Tilapia.
- **Azaza, M. S., Mensi, F., Abdelmouleh, A., & Kraïem, M. M. (2005).** Elaboration d'aliments secs pour le Tilapia du Nil *Oreochromis Niloticus* (L., 1758) en élevage dans les eaux géothermales du sud Tunisien. Bull. Ins. Nat. Scien. Tech. Mer de Salammbô, 32, 23-30.
- **Balarin, J. D., & Hatton, J. P. (1979).** Tilapia: A guide to their biology and culture in Africa.
- **Bamba, Y., Ouattara, A., Moreau, J., & Gourène, G. (2007).** Apports relatifs en nourritures naturelle et artificielle dans l'alimentation du tilapia *Oreochromis niloticus* en captivité. Bulletin Français de la Pêche et de la Pisciculture, (386), 55-68.).
- **Beveridge, M. C., & McAndrew, B. (2012).** Tilapias: biology and exploitation (Vol. 25). Springer Science & Business Media.
- **Boeuf, G., Boujard, D., & Ruyet, J. P. L. (1999).** Control of the somatic growth in turbot. Journal of Fish Biology, 55, 128-147.
- **Bowen, S. H., & Allanson, B. R. (1982).** Behavioral and trophic plasticity of juvenile *Tilapia mossambica* in utilization of the unstable littoral habitat. Environmental Biology of Fishes, 7(4), 357-362.
- **CIRAD (2018).** L'alimentation du Tilapia du Nil *Oreochromis Niloticus*. Available at: [http://aquatrop.cirad.fr/encyclopedie/especes\\_d\\_interet\\_aquacole/tilapia/l\\_alimentation\\_du\\_tilapia\\_du\\_nil](http://aquatrop.cirad.fr/encyclopedie/especes_d_interet_aquacole/tilapia/l_alimentation_du_tilapia_du_nil) (Accesed: 09 March 2018).
- **Dansereau Jr, F., Graen, G., & Haga, W. J. (1975).** A vertical dyad linkage approach to leadership within formal organizations: A longitudinal investigation of the role making process. Organizational behavior and human performance, 13(1), 46-78.

- **Dergal, N. B. (2015).** Evaluation des systèmes de management de la sécurité et de la qualité de l'aquaculture du tilapia du Nil" *Oreochromis niloticus*" dans l'Ouest algérien (Doctoral dissertation, Université de Liège, Liège, Belgique).
- **Diana, J. S., Lin, C. K., & Jaiyen, K. (1994).** Supplemental feeding of tilapia in fertilized ponds. *Journal of the World Aquaculture Society*, 25(4), 497-506.
- **El-Sayed, A. F. M. (2006).** Tilapia culture. CABI. 26, 31 p.
- **El-Sayed, A. F. M. (2006).** Tilapia culture. CABI. 95p, 110 p.
- **FAO (2018).** WORLD FISHERIES AND AQUACULTURE. Available at : <http://www.fao.org/3/I9540EN/i9540en.pdf> (Accesed: 26 September 2018).
- **FAO (2012).** La conduite d'évaluations nationales des aliments pour animaux. Available at: <http://www.fao.org/3/a-i3043f.pdf> (Accesed: 26 September 2018).
- **Fitzsimmons, K. (2016, April).** Tilapia Aquaculture 2016 and where will we be in 2026. In 11th International Symposium for Tilapia Aquaculture (ISTA), World Aquaculture Society-Asian Pacific Conference (pp. 26-29).
- **Fitzsimmons, K. (2016).** Supply and demand in global tilapia markets, 2015. *Aquaculture*, 23-26.
- **Fitzsimmons, K. (1997).** Introduction to tilapia nutrition. In *Tilapia Aquaculture: Proceedings of the Fourth International Symposium on Tilapia in Aquaculture* (pp. 9-12). Ithaca, New York, USA: Northeast Regional Agricultural Engineering Service Publication.
- **Fontagne, S., Pruszyński, T., Corraze, G., & Bergot, P. (1999).** Effect of coconut oil and tricaprilyn vs. triolein on survival, growth and fatty acid composition of common carp (*Cyprinus carpio* L.) larvae. *Aquaculture*, 179(1-4), 241-251.
- **Frayer, G., & Iles, T. D. (1972).** The cichlid fishes of the great lakes of Africa. Their Biology and Evolution. (Oliver and Boyd: Edinburgh.) xv.
- **Guillaume, J. (1999).** Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. Editions Quae.

- **Guerreiro, M., & Retiere, L. (1992).** Étude de la farine de poisson: Analyse de la variation de la composition de la farine élaborée à l'usine de transformation du poisson, Interpêche.
- **Gupta, M. V., & Acosta, B. O. (2004).** A review of global tilapia farming practices. *Aquaculture Asia*, 9, 7-12.
- **Hardy, R. W., & Barrows, F. T. (2003).** Diet formulation and manufacture. In *Fish Nutrition (Third Edition)* (pp. 505-600).
- **Hirabayashi, H., Hirosawa, H., Kobayashi, H., Murata, Y., Edwards, P. G., Fomalont, E. B., ... & Moellenbrock, G. A. (1998).** Overview and initial results of the very long baseline interferometry space observatory programme. *Science*, 281(5384), 1825-1829.
- **Hisano, H., Pezzato, L., Barros, M., Kleemann, G., Freire, E., Gonçalves, G., ... & Sá, M. (2003).** Yeast and zinc on hematological parameters of Nile tilapia fingerlings *Oreochromis niloticus*. *WORLD AQUACULTURE SOCIETY*, 575.
- **Jauncey, K., & Ross, B. (1982).** A guide to tilapia feeds and feeding (No. 639.31 J41g). Scotland, GB: Institute of Aquaculture.
- **Kestemont, P., Micha, J. C., & Falter, U. (1981).** Les Méthodes de Production d'Alevins de *Tilapia nilotica*. ADCP/REP/89/46, FAO, Rome, 132 p.).
- **Kjeldahl, C. (1883).** A new method for the determination of nitrogen in organic matter. *Z Anal Chem*, 22, 366.
- **Kubaryk, J. M. (1980).** Effects of diet, feeding schedule and sex on food consumption, growth and retention of protein and energy by tilapia. Auburn University, Alabama (Doctoral dissertation, Ph. D. dissertation).
- **Lazard, J. (2007).** LE TILAPIA. Available at: <http://aquatrop.cirad.fr/content/download/1691/9561/version/1/file/AFSSA+tilapias.pdf> (Accessed: 09 March 2018).
- **Lazard, J., & Legendre, M. (1996).** La reproduction spontanée du tilapia: une chance ou un handicap pour le développement de l'aquaculture africaine. In *Le troisième symposium international sur le tilapia en aquaculture*, ICLARM (ed). Jakarta (pp. 82-98).
- **Liti, D. M., Mugo, R. M., Munguti, J. M., & Waidbacher, H. (2006).** Growth and economic performance of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus* L.) fed on three

- brans (maize, wheat and rice) in fertilized ponds. *Aquaculture nutrition*, 12(3), 239-245.
- **Lowe-McConnel, R. H. (1982).** the biology and culture of Tilapias. Conf. Proc. 7, Inter. Cent. For Living Aquatic Resor. Manag. Manila, Phillipines, 432pp.
  - **Mair, G. C. (2002, February).** Tilapia genetics and breeding in Asia. In *Tilapia Farming in the 21st Century, Proceedings of the International Forum on Tilapia Farming in the 21st Century*.
  - **McCreadie, R. G., MacDonald, E., Wiles, D., Campbell, G., & Paterson, J. R. (1995).** The Nithsdale Schizophrenia Surveys. XIV: Plasma lipid peroxide and serum vitamin E levels in patients with and without tardive dyskinesia, and in normal subjects. *The British Journal of Psychiatry*, 167(5), 610-617.
  - **Médale, F., & Kaushik, S. (2009).** Les sources protéiques dans les aliments pour les poissons d'élevage. *Cahiers Agricultures*, 18(2-3), 103-111.
  - **Médale, F. (2009).** Teneur en lipides et composition en acides gras de la chair de poissons issus de la pêche et de l'élevage. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 44(4), 173-181.
  - **Melard, C. (1986).** Recherches sur la biologie d'Oreochromis (Tilapia) niloticus L.(Pisces: Cichlidae) en élevage expérimental: reproduction, croissance, bioénergétique. *Cahiers d'Ethologie Appliquée*, 6, 1-224.
  - **Moriarty, D. J. W. (1973).** The physiology of digestion of blue-green algae in the cichlid fish, *Tilapia nilotica*. *Journal of Zoology*, 171(1), 25-39.
  - **NATRAQUA (2018).** Projet : Composition nutritionnelle des produits aquatiques. Available at: [https://www.nutraqua.com/fr/compositions.html?product\\_id=47&view=product](https://www.nutraqua.com/fr/compositions.html?product_id=47&view=product) (Accesed: 12 March 2018).
  - **Omasaki, S. K. (2017).** Optimization of breeding schemes for Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) in smallholder production systems in Kenya (Doctoral dissertation, Wageningen University).
  - **Palomares M. L., Soriano M. L., Sambilay V. C, & Pauly D. (1991).** "Some new analytical and comparative methods for estimating the food consumption of fishes." *ICES Marine Science Symposium*, 193, 99–108.

- **Rana, K. J., & Hasan, M. R. (2013).** On-farm feeding and feed management practices for sustainable aquaculture production: an analysis of case studies from selected Asian and African countries. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*, (583), 21-67.
- **Riche, M., Oetker, M., Haley, D. I., Smith, T., & Garling, D. L. (2004).** Effect of feeding frequency on consumption, growth, and efficiency in juvenile tilapia (*Oreochromis niloticus*).
- **Santiago, C. B., & Lovell, R. T. (1988).** Amino acid requirements for growth of Nile tilapia. *The journal of nutrition*, 118(12), 1540-1546.
- **Sauvant, D., Perez, J. M., & Tran, G. (2002).** Tables de composition et de valeur nutritive des matières premières destinées aux animaux d'élevage: porcs, volailles, bovins, ovins, caprins, lapins, chevaux, poissons. INRA.
- **Smith, A. G., Heath, J. K., Donaldson, D. D., Wong, G. G., Moreau, J., Stahl, M., & Rogers, D. (1988).** Inhibition of pluripotential embryonic stem cell differentiation by purified polypeptides. *Nature*, 336(6200), 688.
- **Soxhlet, F. (1879).** Die gewichtsanalytische Bestimmung des Milchfettes; von.
- **Stickney, R. R., & Hardy, R. W. (1989).** Lipid requirements of some warmwater species. *Aquaculture*, 79(1-4), 145-156.
- **Thabet, R. (2017).** Étude comparative de l'élevage du Tilapia du Nil "*Oreochromis niloticus*" entre les eaux douces et géothermales en Tunisie. 9 p.
- **Trewavas, E. (1982).** Tilapia: taxonomy and speciation [in Africa]. In *International Conference on the Biology and Culture of Tilapias*, Bellagio (Italy), 2-5 Sep 1980
- **Voss, J. (1972).** Contribution I l'éthologie des Poissons Cichlides: *Tilapia sparrmanii* Smith 1840. *Rev. Zool. Bot. Afr.*, 85, 369-388.
- **WoRMS (2018).** Available at <http://www.marinespecies.org/aphia.php?p=taxdetails&id=293639> (Accessed: 26 September 2018).
- **Zaatout, R. (2007).** Effet du régime alimentaire sur la croissance des alevins de *Tilapia nilotica*. MEMOIRE d'ingénieur. Agronomie Saharienne. Ouargla : Université KASDI Merbah, 38p.

# **Annexes**

## **Annexe 1 :**

### **Extraction et dosage des protéines**

L'extraction et le dosage des protéines ont été effectués selon la méthode de référence « Kjeldahl ».

#### **Principe**

La détermination des protéines par la méthode Kjeldahl s'effectue en trois étapes :

- Digestion ou minéralisation de l'échantillon ;
- Distillation de l'ammoniac ;
- Titrage de l'ammoniac.

#### **Mode opératoire**

- **Minéralisation**

La minéralisation permet de dénaturer les protéines (casser les liaisons) et de libérer les acides aminés, ensuite transformer l'azote organique en azote minéral.

Elle est effectuée à l'aide d'un appareil de minéralisation « Inkjel » équipé d'une plaque chauffante, un thermostat, un porte matras, un collecteur de fumées et un piègeur de fumées.

Dans un matras de Kjeldahl, on met :

-2g de l'aliment sec bien broyé (ou bien 2g de la chair de poisson lyophilisée), 7g de sulfate de sodium  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , 5g de sélénium Se, et 1 ml de peroxyde d'hydrogène ( $\text{H}_2\text{O}_2$ ) à 60% (10 vol), 10 ml d'acide sulfurique concentré ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), et 2 à 3 petits morceaux de pierre ponce.

- On agite et on place le matras dans le dispositif de minéralisation.
- On chauffe doucement et progressivement jusqu'à l'apparition des fumées noires.
- On poursuit le chauffage durant 6h, jusqu'à l'obtention d'une couleur limpide. A la fin de la minéralisation, on laisse les matras refroidir.

- **Filtration et dilution du minéralisat**

- Après refroidissement des matras, on filtre chaque minéralisat dans un erlenmeyer. On lave le matras et on filtre aussi cette eau de rinçage.
- On ajuste à 100 ml avec l'eau distillé.
- On transvase les minéralisats filtrés et dilués dans les erlenmeyers colorés en brun à bouchon, étiquetés et on les conserve au réfrigérateur à 4°C.

- **Distillation**

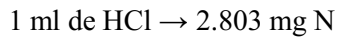
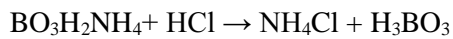
- On prélève dans un matras de Kjeldahl 20 ml du minéralisat filtré et dilué pour la distillation. Ensuite on place le matras dans l'appareil de distillation « Behr, Labor-Technik ».
- A l'aide d'un bouton on ajoute 40 ml de soude ( $\text{NaOH}$ ) à 40% dans le matras et on débute la distillation.
- On recueille le distillat (ammoniacal entraîné à la vapeur) dans un erlenmeyer de collecte, contenant 20 ml d'acide borique à 4%, dont le pH a été préalablement déterminé.

- On continue la distillation jusqu'à obtenir 100ml de solution (acide borique+ ammoniacale entraîné à la vapeur), l'opération dure de 5 à 10 min. On prélève de nouveau le pH.

- **Titration**

- On rajoute au distillat obtenu, 10 gouttes de la solution d'indicateur de « Tashiro ».

- On titre directement la solution obtenue par une solution d'acide borique. La réaction est la suivante :



- **Le calcul**

Le taux des protéines est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{ de protéine} = X * F = (2,803 * V * 100) / (1000 * m) * F$$

X : quantité d'azote dans 100 g de la chair ;

F : facteur dépendant de type d'aliment analysé = 6,25 ;

V : volume d'HCl ;

m : le poids de l'échantillon en g.

## Annexe 02 :

### Extraction et dosage de la matière grasse (les lipides)

L'extraction des lipides totaux est réalisée par la méthode de référence Soxhlet.

#### Présentation de la méthode

La méthode Soxhlet est celle de référence utilisée pour la détermination de la matière grasse dans les aliments solides déshydratés. C'est une méthode gravimétrique, puisqu'on pèse l'échantillon au début et la matière grasse à la fin de l'extraction.

#### Mode opératoire

- Allumer le réfrigérant à 2°C ;
- Peser chaque ballon vide, soit  $P_0$  ce poids ;
- Peser environ 2 g de chaque échantillon lyophilisé et finalement broyé dans une cartouche tarée. Soit  $m$  ce poids ;
- Placer les ballons dans l'appareil de Soxhlet (sur la plaque chauffante) et déposer les cartouches dans les matras ;
- Ajouter 160 ml d'éther-éthylique dans chaque matras jusqu'à ce qu'il se déverse dans le ballon. Fermer les matras ;
- Allumer l'appareil à une température de 100°C jusqu'à l'ébullition, ensuite réduire la température de sorte à maintenir l'ébullition stable (60°C) ;
- Garder le même rythme pendant 2h, afin de dissoudre tous les lipides présents dans chaque échantillon ;
- Eteindre l'appareil et laisser refroidir les ballons ;
- Concentrer les échantillons de lipides contenus dans les ballons dans un rota-vapeur à 40°C et à une vitesse de rotation de 6 à 7 tours/mn, pour récupérer le solvant ;
- Sécher les ballons dans l'étuve à 37°C, puis les refroidir dans un dessiccateur ;
- Peser les ballons remplis, soit  $P$  ce poids.

#### Calcul

Le taux des lipides est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{ de lipides} = (P - P_0 / m) \times 100$$

$P$  : poids du ballon rempli après séchage à l'étuve et refroidissement dans le dessiccateur ;

$P_0$  : poids ballon vide ;

$m$  : poids de l'échantillon (chair de poisson ou aliment).

## **Annexe 03 :**

### **Détermination du taux d'humidité**

La détermination du taux d'humidité est réalisée par la méthode (AOAC, 1980).

#### **III.2.3.1 Principe**

Séchage de la chair du poisson lyophilisée et broyée, et de l'aliment broyé à 103°C dans une étuve jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

#### **III.2.3.2 Mode opératoire**

- Régler l'étuve à 103°C ;
- Sécher une capsule à l'étuve pendant 10-20mn et la refroidir dans un dessiccateur ;
- Peser la capsule sans couvercle, soit  $P_0$  ce poids ;
- Peser 1g de l'échantillon dans la capsule avec une précision de 0.001 soit  $P_1$  ce poids ;
- On met la capsule avec l'échantillon fermée dans l'étuve à 103°C pendant 40mn ;
- On retire la capsule de l'étuve, on la met sans couvercle dans un dessiccateur, on la laisse refroidir pendant 20mn ;
- Après refroidissement, on pèse la capsule avec l'échantillon soit  $P_2$  ce poids ;
- On répète l'opération jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

#### **III.2.3.3 Calcul**

Le taux d'humidité est calculé selon l'équation suivante :

$$\% \text{ d'humidité} = (P_1 - P_2 / P_1 - P_0) * 100$$

**Annexe 4:**

**Tableau 1:** Températures enregistrées quotidiennement (matin et après-midi) durant toute l'expérience dans les deux aquariums:

		Aquarium 01 (fabriqué) (°C)		Aquarium 02 (commercial) (°C)	
		Matin	Après-midi	Matin	Après-midi
<b>Date</b>	<b>Période</b>				
	<b>J1 : 14-05-2018</b>	26,9	27,2	26,4	26,8
	<b>15-05-2018</b>	27,3	27,8	28,3	27,5
	<b>16-05-2018</b>	27,4	28,1	28,3	27,4
	<b>17-05-2018</b>	27,1	28	27,7	28,1
	<b>J2 : 19-05-2018</b>	27,5	28,5	27,8	28
	<b>20-05-2018</b>	27,5	28,2	27,7	28,7
	<b>21-05-2018</b>	27,6	28,5	26,8	28,2
	<b>22-05-2018</b>	27,3	28,2	27,6	27,1
	<b>23-05-2018</b>	27,3	28,3	27,5	28,7
	<b>J3 : 24-05-2018</b>	26,7	28,3	27,8	28,9
	<b>26-05-2018</b>	27	28,1	27,8	28,1
	<b>27-05-2018</b>	26,4	27,5	28,2	28,3
	<b>28-05-2018</b>	26,1	26,2	26,5	27,8
	<b>J4 : 29-05-2018</b>	27,3	26,9	28,6	26,1
	<b>30-05-2018</b>	27,6	27,1	27,9	26,1
	<b>31-05-2018</b>	28,1	27,8	29	27,6
	<b>J5 : 03-06-2018</b>	28,3	28	28,9	27,1
	<b>04-06-2018</b>	27	27,6	28,4	28,2
	<b>05-06-2018</b>	27,1	28	27,5	27,7
	<b>06-06-2018</b>	27,2	28,4	27,6	28,1
	<b>07-06-2018</b>	27,3	28,3	28,1	28,7
	<b>J6 : 09-06-2018</b>	28,4	28,4	28,9	28,1
	<b>11-06-2018</b>	28	27,4	28,5	28,1
	<b>12-06-2018</b>	27,8	27,9	28,9	27,7
	<b>13-06-2018</b>	27,1	27,4	28,6	27,1
	<b>J7 : 14-06-2018</b>	27,8	27,8	29	27,3
	<b>17-06-2018</b>	27,7	27,6	28,7	27,7
	<b>J8 : 19-06-2018</b>	28,2	27,9	28,8	27,2
	<b>20-06-2018</b>	28,5	28,4	28,2	27,7
	<b>21-06-2018</b>	28,4	28	28,4	28,1
	<b>23-06-2018</b>	28,3	28,7	28,4	28
	<b>J9 : 24-06-2018</b>	28,4	28,3	28,5	28,4
	<b>25-06-2018</b>	28,3	28,8	28,7	28,4
	<b>26-06-2018</b>	26,2	27,4	27,5	28,1
	<b>27-06-2018</b>	28,3	28,5	27,8	27,2
	<b>28-06-2018</b>	27,9	28,3	27,5	28,2
	<b>30-06-2018</b>	27,5	27,9	27,4	28,1
	<b>J10 : 01-07-2018</b>	28,2	28,5	28,4	28,7

**Tableau 2** : Résultats des mesures quotidiennes de pH de chaque aquarium durant toute l'expérience :

	<b>Aquarium 01 (fabriqué)</b>	<b>Aquarium 02 (commercial)</b>
<b>J1 : 14-05-2018</b>	7,77	7,7
15-05-2018	7,76	7,67
16-05-2018	7,73	7,68
17-05-2018	7,88	7,68
<b>J2 : 19-05-2018</b>	7,8	7,92
20-05-2018	7,82	7,67
21-05-2018	7,85	7,74
22-05-2018	7,78	7,77
23-05-2018	7,78	7,69
<b>J3 : 24-05-2018</b>	7,26	7,36
26-05-2018	7,57	7,56
27-05-2018	7,58	7,57
28-05-2018	7,47	7,52
<b>J4 : 29-05-2018</b>	7,7	7,62
30-05-2018	7,74	7,63
31-05-2018	7,63	7,57
<b>J5 : 03-06-2018</b>	7,62	7,54
04-06-2018	7,7	7,71
05-06-2018	7,6	7,59
06-06-2018	7,52	7,47
07-06-2018	7,5	7,56
<b>J6 : 09-06-2018</b>	7,54	7,6
11-06-2018	7,65	7,81
12-06-2018	7,58	7,8
13-06-2018	7,64	7,73
<b>J7 : 14-06-2018</b>	7,92	7,77
17-06-2018	8,03	7,97
<b>J8 : 19-06-2018</b>	7,75	7,77
20-06-2018	7,77	7,91
21-06-2018	7,73	7,75
23-06-2018	7,9	7,78
<b>J9 : 24-06-2018</b>	7,59	7,72
25-06-2018	7,62	7,62
26-06-2018	7,61	7,62
27-06-2018	7,52	7,57
28-06-2018	7,56	7,66
30-06-2018	7,72	7,77
<b>J10 : 01-07-2018</b>	7,78	7,69

J : jour des mesures (poids/taille).

**Annexe 5 :**

**Tableau 3.7 :** Prix des différentes matières premières :

<b>Éléments</b>	<b>Coûts de Production de - AF-</b>			
	<b>Composition (%)</b>	<b>Prix unitaire (pour 1kg)</b>	<b>Quantité pour (1Kg d'aliment)</b>	<b>Montant (Da)</b>
<b>Farine de poisson</b>	36,7	60	0,367	22,02
<b>Farine de semoule</b>	50,0	50	0,500	25,0
<b>Huile végétale</b>	12,5	140	0,125	17,5
<b>CMV</b>	0,7	110	0,007	0,77
<b>Mais</b>	0,1	40	0,001	0,04
<b>Total</b>	100		1	65,33

## Alimentation des poissons Tilapia au stade juvénile à base d'un aliment fabriqué avec des ressources locales

### Résumé:

Dans le but de promouvoir l'alimentation du Tilapia en élevage dans les fermes aquacoles, un aliment composé sec a été élaboré à partir de matières premières conventionnelles et locales et qui contient de la farine de poisson fabriU2 à l'ENSSMAL (41%). L'aliment composé, est de 41 % de protéines brutes et 6 % de lipides, a été testés sur des alevins de Tilapia de poids moyen initial de 2 g. Après 49 jours d'expérimentation, les poids moyens finaux ont varié entre 14,33 g et 16,34 g. Les meilleurs taux de croissance et de transformation alimentaire ont été obtenus par l'aliments commercial, avec des taux de croissance spécifiques (TCS) respectifs de 5,82 % et 5,89 % et des taux de conversion de 1,71 et 1,49, contre un TCS de 5,2 % et un TC de 1,96 obtenus avec l'aliment témoin. Ce test qui nous a permis de disposer un aliment performant pour le prégrossissement du Tilapia sera poursuivi pour la valorisation des produits agroalimentaires locaux dans l'alimentation de ce poisson.

### Abstract:

In order to promote the feeding of Tilapia in aquaculture farms, a dry compound feed has been developed using conventional and local raw materials and contains fishmeal made at ENSSMAL (41%). The compound feed, 41% crude protein and 6% lipid, was tested on Tilapia fry with an initial average weight of 2 g. After 49 days of experimentation, the final average weights ranged from 14.33 g to 16.34 g. The best growth and food processing rates were achieved by commercial feed, with specific growth rates (TCS) of 5.82% and 5.89% respectively and conversion rates of 1.71 and 1, 49, against a 5.2% TCS and a 1.96 TC obtained with the control food. This test, which allowed us to have a high-performance feed for Tilapia pre-grinding, will be pursued for the valorization of local agrifood products in the diet of this fish.

### ملخص

من أجل تعزيز تغذية البلطي في مزارع تربية الأحياء المائية، تم تطوير علف مركب جاف باستخدام المواد الخام التقليدية تم اختبار علف مركب ، محلية ويحتوي على مسحوق السمك المصنوع في المدرسة الوطنية العليا لعلوم البحر و تهيئة الساحل. 41% بروتين خام و 6% دهون ، على أسماك البلطي مع متوسط وزن أولي 2 جرام. بعد 49 يومًا من التجارب ، تراوح متوسط الوزن النهائي من 14.33 جرامًا إلى 16.34 جرامًا. حيث تم تحقيق أفضل معدلات النمو وتجهيز الأغذية من خلال العلف من 5.82% و 5.89% على التوالي ومعدلات تحويل 1.71 و 1.49 ، مقابل 5.2% للعلف التجاري، مع معدلات نمو محددة تم الحصول عليها مع الغذاء المستمر. هذا الاختبار، الذي سمح لنا بامتلاك علف عالي الأداء من أجل تسمين البلطي، سيتم متابعته من أجل تثمين منتجات الأغذية الزراعية المحلية في النظام الغذائي لهذه الأسماك.