



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Biologie

## Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master dans le domaine SNV  
Filière Hydrobiologie marine et continentale

**Option : Ecosystèmes Aquatiques**

Thème

Impact de l'incorporation du Quinoa dans l'alimentation sur la  
santé de Tilapia et la qualité d'eau.

Présenté par :

Date de soutenance :13\07\2022

\* Boukhari Fatma Zohra

\* Allag Asmaa

\* Rezig sarah

Devant le jury :

Mme AMEDJKOUH H.

MAA/USDB1

Présidente

Mme OURZEDDINE W.

MCB /USDB1

Examinatrice

Mme ALLIOUCHE F.

MRA/CNRDPA

Promotrice

Mme. RADI N.

MAA/USDB1

Copromotrice

Promotion : 2021-2022

## Résumé

Notre étude traite l'impact de l'incorporation du quinoa (*chenopodium quinoa willd.*) dans l'alimentation du tilapia du nil (*oreochromis niloticus.*) et son effet sur la qualité de l'eau d'élevage, pour une durée de 70 jours. Des alevins de tilapia d'un poids moyen de  $5,15 \pm 0,25$ g ont été soumis aux différents régimes alimentaire, avec un taux de protéines de 23,02 à 31,78%. Les alevins sont nourris 3 fois par jour avec une ration de 6% de la biomasse totale. Des paramètres zootechniques ont été suivi chaque semaine pour évaluer l'efficacité des différents aliments en plus de l'impact des aliments sur la qualité physicochimique de l'eau (nitrite, ammoniac, phosphates, pH, la dureté, la transparence). Les résultats obtenus montrent que le tilapia peut s'adapter avec le goût amer de quinoa et la quantité de saponines dans ce dernier n'a pas d'effets indésirables pour les alevins. Les trois aliments fabriqués à base de quinoa n'ont pas dégradé la qualité de l'eau. Ces aliments sont stables dans l'eau, mais ne sont pas flottants. Les valeurs de l'indice de conversion obtenues pour chaque aliment sont respectivement : 2,04 pour A1(aliment à base de quinoa avec saponine), 2,35 pour A2(aliment à base de quinoa sans saponine) et 2,99 pour A3(aliment amélioré). Les poids moyens finaux sont (Pmf=10,36g) pour A1, (Pmf =10.15 g) pour les alevins nourris par A2, (Pmf=16,10g) pour l'aliment A3. Le taux de survie varie de 60% pour l'aliment commercial, 90% pour l'aliment A2 et 100% pour les aliments A1 et A3. Le pH varie de 7,2 et 8,16. Les concentrations des sels nutritifs ne sont pas nuisibles pour les alevins. L'analyse en composantes principales nous a indiqué une interaction positive entre les différents indices zootechniques.

**Mots clés :** Quinoa, Tilapia du nil, Aliment, Saponines, Croissance

## ملخص

تعالج هاته الدراسة تأثير ادخال الكينوا في تغذية البلطي النيلي وأثره على نوعية المياه لمدة تتجاوز 70 يوما. اصبعيات البلطي ذات وزن ابتدائي  $5,15 \pm 0,25$  غ تم وضعها تحت مختلف انماط غذائية تحوي ما بين 23,02 و 31,78 بالمئة من البروتين. قمنا بتغذية الاصبعيات بنسبة 6 بالمائة 3 مرات في اليوم. تمت متابعة عوامل تربية الحيوانات كل اسبوع من أجل تحديد اهمية مختلف الأعلاف على نمو الأسماك. كما تمت دراسة تأثير العلف على نوعية المياه. أظهرت النتائج أن البلطي يمكنه التأقلم مع مرارة ذوق الكينوا ومع نسبة الصابونين في هاته الأخيرة بحيث لم يكن له تأثير سلبي على الأسماك. كما أن الاعلاف الثلاثة المصنعة لم تؤثر سلبا على المياه بحيث كانت لها استقراريه عالية غير أنها اعلاف غاطسة على عكس العلف التجاري الذي كان سريع التحلل في الماء وطافي. معدل التحويل بالنسبة للعلف المحسن يقدر ب 2,99، فيما يخص العلف 1 و 2 قدر معدل التحويل ترتيبيبا ب 2,04 و 2,35. الوزن النهائي لكل علف كان كالتالي: 10,3 بالنسبة للعلف 1، 10,15 بالنسبة للعلف 2 و 16,10 بالنسبة للعلف. معدل البقاء قدر ب 100 بالمئة بالنسبة للأعلاف رقم 1 و 3 ونسبة 90 بالمئة بالنسبة للعلف رقم 2 في حين نسبة 60 بالمئة بالنسبة للعلف التجاري.

بمنظور عام اظهرت مختلف الأعلاف المصنعة نتائج حسنة على نمو الإصبعيات ونوعية المياه.

كلمات مفتاحية: كينوا، بلطي أحمر، اعلاف، صابونين، نمو

## **Abstract**

Our study deals with the impact of the incorporation of quinoa (*chenopodium quinoa willd.*) in the diet of tilapia (*oreochromis niloticus.*) and its effect on the quality of farmed water, for a period of 70 days. The red tilapia fry with an average weight of 5.15 0.25g were subjected to different diets, with a protein content of 23.02 to 31.78%. The fry of red tilapia are fed 3 times a day with a ratio of 6% of the total biomass. Zootechnical parameters were followed each week to evaluate the effectiveness of the different foods. We studied the impact of food on the physicochemical quality of water (nitrite, ammonia, phosphates, pH, hardness, transparency). The results obtained show that tilapia can adapt to the bitter taste of quinoa and the amount of saponins in the latter has no adverse effects for fry. The three quinoa- based foods did not degrade water quality. These foods are stable in the water, but not floating. The conversion index values obtained for each feed are 2.04 for A1, 2.35 for A2 and 2.99 for A3, respectively. The final mean weights are (Wmf=10.36g) for A1, (Wmf =10.15 g) for fry fed by A2, (Wmf=16.10g) for feed A3. The survival rate varies from 60% for commercial food, 90% for A2 food and 100% for A1 and A3 food. The pH ranges from 7.2 to 8.16. Nutrient salt concentrations are not harmful to fry. The main component analysis showed a positive interaction between the different zootechnical index.

**key words:** Quinoa, Red tilapia, saponins, Rrowth

## ***Remerciements***

Nous remercions **Dieu** le tout puissant pour la volonté, la santé et la patience qu'il nous a accordé pour la réalisation de ce travail.

Nous remercions fortement madame **ALLIOUCHE FAIZA** notre promotrice, pour nous avoir proposé ce thème, parrainé, guide, son encouragement et tellement appris sur le plan scientifique et surtout humaine, transmis ses idées plaines d'ambition, pour ses conseils, son aide et sa réelle disponibilité.

Nous remercions très chaleureusement notre Co-promotrice madame **RADI.N** qui a accepté de Co-encadrer ce mémoire, qu'elle trouve ici, nos vifs remerciements.

Nous remercions vivement madame **AMEDJKOUH H** pour avoir accepté la présidence du jury. Qu'elle nous soit permis de lui témoigner notre profond respect pour ses enseignements.

Nous tenons à remercier madame **OUZERDINE** pour avoir accepté de juger ce travail. Nous remercions infiniment le personnel du Centre National de la Recherche et du Développement de la Pêche et de l'aquaculture(**CNRDPA**) de Bou-Ismaïl. Pour leurs services et leurs aides pendant toute la période de l'expérimentation et le personnel du **SEAAL** pour l'accès au laboratoire.

Nous remercions spécialement Docteur **Khadra Ferhani** ; cheffe d'atelier de traitement ichthyologique, Madame **Bouzeraa Sabrina** pour l'accès à son atelier et Madame **Fatima zohra Mahieddine**

Nous tenons aussi à remercier toute l'équipe de laboratoire physicochimie du CNRDPA, **Mesdames Yasmine et Lamia et Monsieur Salah.**

Nos remerciements vont également à Madame **Assia** responsable de la bibliothèque au niveau du CNRDPA

Nous remercions toutes les personnes qui ont contribué de près ou de loin pour la réalisation de ce mémoire

## *Dédicaces*

*A ma mère*

*Affable, honorable, aimable : tu m'as donné la vie, la tendresse, et le courage pour réussir. Tout ce que je peux t'offrir ne pourra exprimer l'amour et la reconnaissance que je porte. En témoignage, je t'offre ce modeste travail pour te remercier pour tes sacrifices et pour l'affection dont tu m'as toujours entouré.*

*Puisse dieu, le très haut, t'accorder santé, bonheur et longue vie et faire en sorte que jamais je ne tu déçoive.*

*A la mémoire de mon père*

*A l'âme pure de mon père, qui, s'il était surement vivant serait la personne la plus fière de moi aujourd'hui. Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, le dévouement et le respect que j'ai toujours eu pour vous. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être.*

*A mon très chère frère Amine*

*A mes chers sœurs Amina, Samira et Sarah*

*Je dédie ce travail dont le grand plaisir leurs revient en premier lieu pour leurs conseils, aides, et encouragements.*

*A tous les membres de ma famille*

*Boukhari et Bouziani*

*A Rabah et sa femme Chahira et sont fils yakoub*

*A mes meilleures copines*

*Mes meilleurs binômes Asma et Sara*

*A mes chères amies*

*Sarah, Meriam, Manel, Chaima, Rania, Linda, et Ilham*

*Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude.*

*A chaque cœur pur, qui a levé les mains et a sincèrement prié pour que j'atteigne ce jour, je vous dis merci.*

*Fatma Zohra*

## *Dédicaces*

*Tous d'abord je remercie le grand Allah qui m'aide à dépasser tous les contraintes et obstacles et grâce à lui aujourd'hui j'ai pu accomplir ce travail el hamdolilah*

### *Mes parents*

*Les meilleurs soutiens pour moi*

### *Mes sœurs*

*Mes bras droits et épaules : Hafsa ; Chaimaa et Amel*

### *Mes frères*

*Ma force et soutiens : Oussama ; Mouaad et Walid*

*Et toute ma famille à qui je dédie ce travail, merci infiniment*

*A mes amies j'ai eu la chance de vous connaître et d'étudier avec vous merci beaucoup pour votre aide merci Safaa et naima*

*Mes belles binômes Fatima Zohra et Sarah*

*Aussi*

*Enfin le plus grand merci que j'ai de mon droite et de capacité du créateur à atteindre ce moment je suis fière de moi-même, je suis reconnaissante envers moi pour ma patience et mon endurance*

*Asmaa*

# DEDICACES

*Je dédie ce travail a ;*

*Ceux qui m'ont aidé et m'ont offert cette occasion ;*

*A mon père Monsieur Rezig Mouloud*

*A ma mère Madame Madjehdi Fatiha*

*A ma grande sœur et ma deuxième mère docteur Rezig*

*Hafsa*

*A mes sœur Khadidja, Hamida, Amina*

*A mon frère Rezig Moussa*

*A mes meilleures amies Houda Daoud et sa sœur Sarah,*

*et Sarah zeroual*

*A toutes les personnes qui me respectent et qui m'aiment*

*A ma promotrice et co-promotrice*

*A mes profe de lycée Mdm Houari, Mr sayab, Mr*

*Djellouli, Mr Kasad*

*sarah*



Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Listes d'abréviations

INTRODUCTION..... 1

**Chapitre I : Généralités**

I.	GÉNÉRALITÉS SUR LE TILAPIA.....	3
1.	Contexte historique.....	3
2.	Aperçu historique du Tilapia en Algérie.....	4
3.	Habitat et biologie.....	4
4.	Marché et commercialisation.....	5
5.	Principales espèces du tilapia.....	6
6.	Position systématique.....	6
7.	Description du Tilapia.....	7
7.1.	Morphologie externe.....	7
7.2.	Dimorphisme sexuel.....	7
7.3.	Anatomie.....	8
7.3.1.	Squelette.....	8
7.3.2.	Appareil digestif.....	8
7.3.2.	Appareil respiratoire.....	8
7.3.3.	Appareil circulatoire.....	9
7.3.4.	Appareil excréteur.....	9
II.	GENERALITES SUR LES BESOINS NUTRITIONNELS DU POISSON.....	10
1.	Besoin en protéines.....	10
1.1.	Structure des protéines.....	10
2.	Acides aminés.....	10
2.1.	Structure des acides aminés.....	11
3.	Besoin en glucides.....	11
4.	Besoin en lipides.....	12
4.1.	Les lipides et leur importance chez les poissons.....	12
5.	Besoin en vitamines et minéraux.....	12

2	GENERALITES SUR LE QUINOA.....	14
1.	Histoire et origine de quinoa.....	14
2.	L'importance de la culture du Quinoa.....	15
2.1.	Dans le monde.....	15
2.2.	En Algérie.....	15
3.	Classification des quinoas.....	15
4.	La morphologie de la plante.....	16
4.1.	Racines .....	16
4.2.	La tige .....	16
4.3.	Les feuilles .....	16
4.4.	Les graines.....	17
5.	La composition nutritionnelle de grains de quinoa .....	17
5.2.	Les saponines.....	18

## **CHAPITRE II : Matériels et Méthodes**

1.	Objectif.....	19
2.	Présentation de lieu de stage.....	19
3.	Protocole expérimental.....	20
3.1.	Structure d'élevage .....	20
3.2.	Matériel biologique.....	20
3.3.	Distribution des aliments.....	20
4.	Formulation d'aliment.....	21
4.1.	Matières premières .....	21
4.2.	Composition des aliments formulés.....	22
5.	Fabrication des aliments.....	22
5.1.	Préparation de la farine du quinoa .....	22
5.1.1.	Farine de quinoa sans élimination de saponine .....	22
5.1.2.	Farine de quinoa sans saponines.....	23
5.2.	Processus de la fabrication d'aliments.....	23
5.2.1.	Équipement nécessaire.....	23
5.2.2.	Étapes de la fabrication d'aliments.....	24
5.2.2.1.	Broyage.....	24
5.2.2.2.	Rinçage.....	24

5.2.2.3.	Pesage.....	24
5.2.2.4.	Homogénéisation.....	24
5.2.2.5.	Mise en forme de l'aliment .....	24
5.2.2.6.	Séchage .....	24
5.2.2.7.	Conditionnement.....	24
6.	Étude de l'efficacité alimentaire et suivi zootechnique.....	25
6.1.	Analyses des caractères physiques des aliments.....	25
6.1.1.	Taille des particules.....	25
6.1.2.	Durabilité.....	25
6.1.3.	Détérioration.....	25
6.1.4.	Acceptabilité.....	25
6.1.5.	Flottabilité.....	25
6.2.	Paramètres zootechniques mesurés.....	26
6.2.1.	Taux de mortalité .....	26
6.2.2.	Taux de survie.....	26
6.2.3.	Poids moyen initial.....	26
6.2.4.	Poids moyen final.....	26
6.2.5.	Taux de croissance journalier.....	26
6.2.6.	Taux de croissance spécifique.....	26
6.2.7.	Gain du poids.....	26
6.2.8.	Indice de Conversion de l'aliment.....	27
6.3.	Étude de l'effet des aliments sur les concentrations des formes azotées et la qualité de l'eau .....	27
6.3.1.	Paramètres physiques .....	27
6.3.2.	Paramètres chimiques .....	27
6.3.2.1.	Dosage des nitrites.....	27
6.3.2.2.	Dosage de l'azote ammoniacal.....	28
6.3.2.3.	Dosage du phosphate.....	28
6.4.	Utilisation de l'azolla en aquaculture .....	29
6.4.1.	Avantages de l'azolla.....	29
6.4.2.	Méthodes de culture d'azolla.....	29
6.5.	Analyse statistique.....	30

### Chapitre III : Résultats et Discussions

1.	Etude de l'efficacité alimentaire.....	31
1.1.	Caractère physiques de l'aliment.....	31
1.1.1 .	La taille des particules.....	31
1.1.2.	Durabilité.....	33
1.1.3.	Flottabilité.....	33
1.1.4.	Détérioration .....	33
1.1.5.	Acceptabilité.....	33
1.2.	Analyse biochimique.....	34
1.2.1.	Protéines.....	35
1.2.2.	Lipides totaux .....	35
1.3.	Paramètres zootechniques.....	36
1.4.	Étude d'impact des aliments testés sur la qualité des eaux d'élevage.....	40
1.4.1.	Température .....	40
1.4.2.	pH .....	40
1.4.3.	Sels nutritifs .....	41
1.4.3.1.	Nitrites.....	41
1.4.3.2.	Ammoniaque.....	42
1.4.3.3.	Phosphates.....	43
1.5.1.	Test de corrélation.....	44
1.5.2.	Les interactions entre les paramètres zootechniques des trois aliments.....	44
1.6.	Relation biométrique.....	45
	CONCLUSION .....	46
	REFERANCES BIBLIOGRAPHIQUES	

## Liste des tableaux

<b>Tableau 1</b>	Besoins en protéines du tilapia à différents niveaux de salinité.....	<b>10</b>
<b>Tableau 2</b>	Les acides aminés.....	<b>11</b>
<b>Tableau 3</b>	Besoins en vitamines des tilapias.....	<b>13</b>
<b>Tableau 4</b>	Quelques besoins en macro-minéraux et en oligo-éléments.....	<b>13</b>
<b>Tableau 5</b>	La teneur en nutriment du quinoa en comparaison d'autres aliments.....	<b>18</b>
<b>Tableau 6</b>	Distribution des trois aliments formulés et l'aliment commercial.	<b>21</b>
<b>Tableau 7</b>	Composition nutritionnelle des matières première d'origine végétale utilisées .....	<b>21</b>
<b>Tableau 8</b>	Les trois critères de flottabilité.....	<b>25</b>
<b>Tableau 9</b>	Les protéines totaux .....	<b>35</b>
<b>Tableau 10</b>	La composition en lipides des 3 aliments.....	<b>36</b>
<b>Tableau 11</b>	Performances zootechniques des différents aliments.....	<b>36</b>
<b>Tableau 12</b>	comparaison du poids moyen final et initial.....	<b>38</b>
<b>Tableau 13</b>	corrélation entre les paramètres physicochimiques.....	<b>44</b>
<b>Tableau 14</b>	Equations des relations biométriques.....	<b>45</b>

## Liste des figures

<b>Figures 1</b>	Principaux pays producteurs d' <i>Oreochromis niloticus</i> .....	<b>3</b>
<b>Figures 2</b>	Carte indiquant les lieux d'introduction d' <i>O. niloticus</i> en Algérie....	<b>4</b>
<b>Figures 3</b>	Morphologie et anatomie du tilapia .....	<b>9</b>
<b>Figures 4</b>	Distribution géographique de la culture traditionnelle du quinoa .....	<b>14</b>
<b>Figures 5</b>	Organisation du CNRDPA.....	<b>18</b>
<b>Figures 6</b>	Composition des trois aliments (A1,A2 et A3).....	<b>21</b>
<b>Figures 7</b>	Préparation de la farine de quinoa.....	<b>22</b>
<b>Figures 8</b>	La fabrication de l'aliment.....	<b>23</b>
<b>Figures 9</b>	Dosage de nitrite.....	<b>27</b>
<b>Figures 10</b>	Dosage de l'azote ammoniacal.....	<b>27</b>
<b>Figures 11</b>	Azolla.....	<b>29</b>
<b>Figures 12</b>	Les étapes de culture de l'azolla.....	<b>29</b>
<b>Figures 13</b>	Taille de l'aliment préparé.....	<b>30</b>
<b>Figures 14</b>	Instabilité de l'aliment commercial dans l'eau.....	<b>31</b>
<b>Figures 15</b>	Test de flottabilité des aliments.....	<b>32</b>
<b>Figures16</b>	Composition biochimique des 3 aliments.....	<b>34</b>
<b>Figures17</b>	Evolution de l'indice de conversion des aliments A1 et A2 .....	<b>38</b>
<b>Figures18</b>	Evolution de la biomasse.....	<b>39</b>
<b>Figures19</b>	Variations de la temperature dans les differents aquariums.....	<b>39</b>
<b>Figures20</b>	Variations du pH dans les 3 aquariums.....	<b>40</b>
<b>Figures21</b>	Evolution des concentrations des nitrites selon chaque aliment.....	<b>41</b>
<b>Figures22</b>	Variations de l'ammoniaque dans les 3 aquariums.....	<b>43</b>
<b>Figure23</b>	Variations de phosphate.....	<b>43</b>
<b>Figure24</b>	projection des variables zootechniques sur les deux plans de l'ACP...	<b>44</b>
<b>Figure25</b>	relation (taille-poids) dans l'aquarium 3.....	<b>45</b>
<b>Figure26</b>	relation (taille-poids) dans l'aquarium 1.....	<b>45</b>

## Liste des abréviations

**A0** : l'aliment commercial.

**A1** : Aliment 1 aliment à base de quinoa avec saponine

**A2** : aliment 2 à base de quinoa sans saponine.

**A3** : aliment 3 amélioré.

**CMV** : composés vitamines et minéraux.

**CNDPA** : Centre National de la Recherche et du Développement de la Pêche et de l'aquaculture.

**FAO** : Food and Agriculture Organisation.

**INRAA** : Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie.

**INRF** : Institut National de Recherche Forestière.

**ITGC** : Institut Technique des Grandes Cultures.

**ONDPA** : Office National de Développement et de Production Aquacole.

**Pm** : Poids moyen.

**Sp<sup>-</sup>** : aliments à base de quinoa sans saponine.

**Sp<sup>+</sup>** : aliments à base de quinoa avec la saponine.

**IC** : Indice de conversion.

**TCS** : taux de croissance spécifique.

# INTRODUCTION



La pêche et l'aquaculture jouent un rôle primordial pour la sécurité alimentaire et nutritionnelle, ainsi que pour la garantie des moyens de subsistance de millions de personnes. Le terme aquaculture recouvre toutes les formes d'élevage d'animaux et de plantes aquatiques en eau douce, saumâtre ou salée. Elle représente une part croissante de la production mondiale de denrées alimentaires d'origine aquatique. L'objectif de l'aquaculture est le même que celui de l'agriculture, c'est-à-dire le contrôle de la production alimentaire dans le but d'obtenir un meilleur approvisionnement pour la consommation (**FAO, 2015**).

Parmi les espèces de Tilapias introduites en Algérie, on trouve le Tilapia rouge (*Oreochromis sp*). L'Algérie opte pour le développement de l'élevage du Tilapia rouge afin d'encourager l'aquaculture algérienne et prévoir un développement durable, d'une part, pour exploiter et valoriser l'énorme ressource en eau douce et saumâtre et d'autre part pour la diversification des espèces d'élevage à haute valeur marchande (**Dergal, 2015**).

Le tilapia (**Linnaeus, 1758**) est une espèce très appréciée pour sa valeur nutritionnelle et ces potentialités aquacoles. Ses caractéristiques biologiques (croissance rapide, grande résistance au manque d'oxygène, supporte bien les manipulations) rendent ce poisson apte à toutes les formes d'élevage, avec tous les intermédiaires il est donc possible d'intégrer sa pisciculture à différents schémas de développement (**Lazard, 1984**).

En aquaculture, l'alimentation représente plus de 50% à 80% du coût total de la production. L'apport d'aliment constitue ainsi un maillon essentiel de l'activité aquacole. Une bonne alimentation permet d'optimiser la croissance des poissons et de minimiser les rejets qui sont des sources de pollution du milieu d'élevage. D'après **Arrignon (2002)**, la pisciculture intensive rencontre des problèmes quant aux choix de l'aliment le plus favorable permettant des taux de croissances élevées, d'assurer un bon état sanitaire et une qualité organoleptique acceptable, d'avoir un coût le plus bas possible et le moins d'impacts négatifs possible sur l'environnement.

Aujourd'hui, le quinoa est en pleine expansion car il présente un potentiel considérable pour améliorer les conditions de vie du monde (**FAO, 2013**). Le quinoa est l'un des grains les plus nutritifs utilisés comme nourriture et il a été sélectionné par la FAO comme l'une des cultures destinées à offrir la sécurité alimentaire (**Valencia et Serna, 2009**). Il est considéré comme ayant une valeur nutritionnelle élevée, principalement en raison élevée en quantité et en qualité des protéines par rapport à d'autres sources de protéines (**Avila**

## *Introduction*

---

**Ruiz,2016**), et aux acides gras essentiels ainsi qu'à une large gamme de minéraux et de vitamines (**Stikić *et al.*, 2015**). En effet, le quinoa est introduit depuis 2014 en Algérie à partir d'une convention a été signée entre la FAO et l'Algérie. Il est cultivé à titre expérimental afin d'étudier son comportement et ses potentiels de production dans 8 sites de 4 institutions ayant différentes caractéristiques agro-écologiques (**Boubaiche, 2016**).

Compte tenu de cela, notre objectif de ce présent travail vise essentiellement à évaluer l'introduction de cette nouvelle culture comme source de protéines végétales pour l'alimentation des poissons et d'étudier l'efficacité des aliments à base de quinoa sur la croissance de tilapia et la qualité de l'eau.

Cette étude se divise en trois chapitres :

- Le premier chapitre traite d'une façon globale des généralités sur l'espèce étudiée et le quinoa,
- Le deuxième chapitre présente le protocole expérimental,
- Le troisième chapitre discute et interprète les résultats obtenus, suivi par une conclusion générale qui viendra clore notre travail.

# CHAPITRE I

# GÉNÉRALITÉS

## I. GÉNÉRALITÉS SUR LE TILAPIA

### 1. Contexte historique

La culture du tilapia du Nil (*Oreochromis niloticus*) remonte à l'antiquité égyptienne. Elle est représentée par des poissons tenus dans des étangs ornementaux sur un bas-relief d'une tombe égyptienne remontant à 4000 ans. Tandis que la plus importante distribution mondiale des tilapias, notamment *Oreochromis mossambicus*, était réalisée pendant les années 40 et 50, jusqu'à les années 60 et 80 d'où une grande distribution a été remarquée. L'introduction du tilapia du Nil en Thaïlande a été effectuée à travers le Japon en 1965, puis a été envoyé aux Philippines de Thaïlande. Le tilapia du Nil du Brésil est originaire de la Côte d'Ivoire en 1971, il a été expédié après du Brésil aux États-Unis d'Amérique en 1974. En 1978, il a été introduit en Chine, qui se trouve au sommet des principaux producteurs mondiaux du tilapia avec une production qui a dépassé la moitié de la production globale entre 1992 et 2003.

Le bulletin des statistiques de la FAO (1985-88) rapporte que l'élevage du tilapia est actuellement pratiqué dans 68 pays(**figure.1**), la production annuelle mondiale de tilapias d'élevage au cours de cette période étant restée inchangée : 263.000 t en 1985 contre 264.000 t en 1988.

Actuellement, la production de tilapias se base à 95 % par l'élevage de *Oreochromis sp*, et leurs hybrides, *O.niloticus* étant l'espèce dominante. Les perspectives de développement de l'aquaculture du tilapia dépendent des efforts consentis pour que les initiatives de recherche et développement répondent aux besoins des producteurs (dont la plupart seront de nouveaux exploitants non seulement du tilapia mais de toutes autres formes de pisciculture) et à ceux des consommateurs de produits des marchés locaux et d'exportation (FAO,2022).

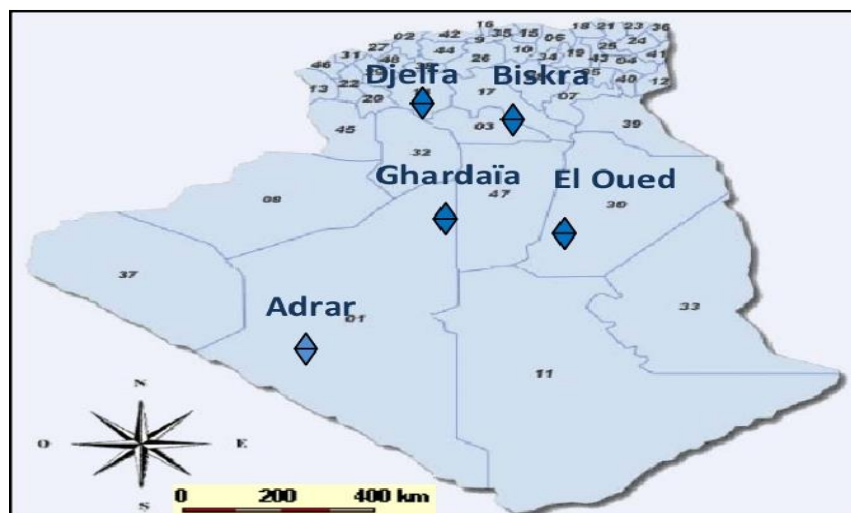


Fig.01 : Principaux pays producteurs d'*Oreochromis niloticus* (FAO Statistiques des pêches, 2022)

## 2. Aperçu historique du Tilapia en Algérie

Les premières introductions du Tilapia en Algérie remontent au début des années 1960, avec des *Tilapia mozombika* et *zillii* en provenance de France. Ces introductions ont été effectuées par Arrignon à titre expérimental et ont été déversés à Ain Skhouna (wilaya de Saida) et dans les wilayates de Biskra et El Oued (**figure. 2**). L'introduction du tilapia de souche pure (*Oreochromis niloticus*), a eu lieu en 2002, dans le cadre de la coopération sectorielle Algero égyptienne, suite à la réussite de l'élevage du tilapia en Algérie et dans plusieurs pays.

Au début le tilapia a été introduit au niveau du mazafran (ONDPA) et au centre national d'étude et de documentation pour la pêche et l'aquaculture (CNDPA) de Bou-Ismaïl. Par la suite, ces poissons ont été distribués aux agriculteurs disposant d'infrastructures (**FAO, 2008**).



**Figure 2 : carte indiquant les lieux d'introduction d'*O.niloticus* en Algérie.**

## 3. Habitat et biologie

Le tilapia du Nil est une espèce tropicale qui préfère vivre dans une eau peu profonde. Les températures létales inférieures et supérieures pour ce poisson sont de 11-12 °C et 42 °C, respectivement, alors que les températures optimales varient entre 31 et 36 °C. C'est un omnivore-brouteur, qui s'alimente sur le phytoplancton, le périphyton, les plantes aquatiques, les petits invertébrés, la faune benthique, les détritiques et les films bactériens liés aux détritiques. Le tilapia du Nil peut filtrer les aliments par occlusion intestinale des particules suspendues, y compris le phytoplancton et les bactéries, sur un mucus dans la cavité buccale, bien que sa nourriture principale reste le périphyton.

La maturité sexuelle dans les étangs est atteinte après 5-6 mois. Le frai commence quand la température d'eau atteint 24 °C. Le processus de reproduction commence quand le mâle marque un territoire, creuse un nid frayère sous forme de cratère et surveille son territoire.

Les femelles matures frayent dans le nid, et juste après la fécondation par le mâle, collectent les œufs dans leur bouche et partent. La femelle incube les œufs dans sa bouche et couve les alevins après éclosion jusqu'à ce que leur vésicule vitelline soit résorbée. L'incubation et la couvaison durent 1 à 2 semaines, selon la température. Après, les alevins sont libérés mais en cas de danger, ils peuvent regagner en nageant la bouche de la femelle.

Étant un incubateur buccal, le nombre d'œufs par ponte est faible en comparaison avec la majorité des autres poissons d'étang. Le nombre d'œufs est proportionnel au poids corporel de la femelle. Une femelle d'un poids de 100 g produira environ 100 œufs par frai, alors qu'une femelle pesant 600-1 000 g peut produire 1 000 à 1 500 œufs. Le mâle reste dans son territoire, gardant le nid et il est capable de féconder des œufs de plusieurs femelles de suite. En cas d'absence de période froide, la femelle peut pondre de façon ininterrompue. Lorsque la femelle couve, elle mange peu ou rien. Le tilapia du Nil peut vivre plus de 10 ans et atteindre un poids de plus de 5 kg (FAO, 2009).

#### **4. Marché et commercialisation**

Le tilapia du Nil a été introduit dans les pays en voie de développement et mis en élevage à une échelle de subsistance afin de subvenir aux besoins locaux en protéine. Avec l'évolution dans le domaine des techniques de production et le contrôle des mauvais goûts, le tilapia rejoint les produits comestibles marins sur les marchés de ces pays. Dans les pays fortement industrialisés, des petits marchés pour le tilapia local vivant ou le tilapia congelé importé se sont développés parmi les communautés des immigrés. Après l'apparition des filets frais de tilapia provenant des pays tropicaux, de nouveaux marchés ont vu le jour dans les restaurants haut de gamme, les dîners d'occasion « casual dining », les hypermarchés et les magasins à demi-gros. Pratiquement tous les dîners d'occasion aux États-Unis servent des tilapias, qui sont une addition idéale au menu vu leur prix raisonnable, disponibilité tout le long de l'année, pour leur douceur, leur saveur délicieuse et leur flexibilité lors de la préparation. La plupart des Européens ont découvert le tilapia tout récemment, et un grand potentiel existe en Europe pour l'expansion de son marché. La Chine, exportateur principal du tilapia, a également un grand potentiel pour le développement du marché en vue d'approvisionner la classe moyenne en pleine croissance. Le tilapia convient parfaitement en tant que substitut de la carpe et principal produit comestible de la mer.

Le composant le plus important de l'industrie croissante du tilapia est la prolifération des formes de ce produit. Les exportations du tilapia consistaient en des poissons entiers congelés provenant du Taiwan Province de Chine, mais le marché des États-Unis d'Amérique préfère les filets, qui ont été au début fournis par la Jamaïque, la Colombie et le Costa Rica sous forme de produit frais. Aujourd'hui, les filets frais ou congelés sont disponibles dans

différentes tailles et emballages, avec ou sans peau, sans peau ni gras, individuellement congelés rapidement, fumés, et sous forme de sashimi, et ils sont traités avec de l'oxyde de carbone ou trompés dans l'ozone. Les tilapias entiers ou étripés sont encore disponibles mais sont vendus principalement sur les marchés ethniques. Des sous-produits intéressants ont émergé comme des articles en cuir destinés à l'habillement et comme accessoires, la gélatine des peaux utilisée pour le temps de libération des médicaments dits « time-released médecine » et les ornements de fleur faits à partir des écailles sèches et colorées des poissons(FAO,2010).

Le tilapia du Nil est également vendu dans les marchés algériens pour un prix oscillant entre 350 et 500 da

### 5. Principales espèces du tilapia

Les Tilapias appartiennent à la famille des Cichlidés. Ils forment désormais, à partir de quelques espèces endémiques africaines, la base de la pisciculture d'eau douce de la ceinture intertropicale du globe. Des quelque 3 300 références répertoriées, dix espèces jouent un rôle primordial en pisciculture. Six pratiquent l'incubation buccale, sont microphytophages et détritivores dans la nature : ils apparaissent désormais sous le nom générique d'Oreochromis (précédemment Sarotherodon). Quatre ne pratiquent pas ce type d'incubation, pondent sur substrats, sont plutôt macrophytophages, du genre Tilapia. Ce sont tous des animaux rustiques, dont certaines espèces sont capables de vivre et de se reproduire en eau de mer (*O. mossambicus*) ou d'être élevés en eau saumâtre (*T. heudelotii*).

L'espèce piscicole la plus intéressante, le Tilapia nilotica (*Oreochromis niloticus*), microphage omnivore, parfois macrophytophage, est rencontrée dans tout l'ouest africain ainsi qu'en zone équatoriale. Elle a été introduite dans l'ensemble de la zone intertropicale du globe, voire au-delà. Sont encore présentes, dans les stations expérimentales ou dans des élevages privés, d'autres espèces moins intéressantes : *O. andersonii*, *O. galileus*, *O. macrochir*, *O. mossambicus*, recommandées là où le *Tilapia nilotica* n'a pas sa place ou n'a pas encore été diffusé(FAO,2010).

### 6. Position systématique

Il est facile, à première vue, de classer le Tilapia dans le grand ordre des Percomorpha. Les poissons percomorphes (Percomorpha), dont la perche est le type, groupent un nombre considérable de familles. Le corps des poissons appartenant à cet ordre est plus ou moins allongé et plus ou moins comprimé latéralement. Il est toujours recouvert d'écailles. La forme de la tête est variable, la bouche est terminale, à ouverture presque horizontale ou fortement oblique. La nageoire dorsale est simple ou double, à rayons antérieurs toujours épineux. La forme de la nageoire caudale est variable, les nageoires

pectorales sont moyennes, les ventrales sont thoraciques avec un premier rayon épineux et cinq rayons mous.

Les poissons du genre *Tilapia* pondent sur un substrat où évolue l'incubation puis se manifeste l'éclosion. Les poissons du genre *Oreochromis* (ou *Sarotherodon*) procèdent à l'incubation buccale des œufs puis des larves.

Règne : Animalia

Embranchement : Chordata

Super classe : Ostéichthyens

Classe : Actinopterygii

Ordre : Perciformes

Famille : Cichlidae

Genre : *Oreochromis*

Espèce : *Oreochromis niloticus* (Linnaeus, 1758)

## 7. Description du *Tilapia*

### 7.1. Morphologie externe

Le *Tilapia* a une forme trapue, qui peut être facilement stylisée pour représenter schématiquement et rapidement le poisson lors de causeries ou de démonstrations. La nageoire dorsale comprend 15 à 16 rayons épineux, suivis de 9 à 13 rayons mous ; la nageoire anale est formée de 3 rayons épineux précédant 7 à 11 rayons mous ; les nageoires ventrales portent un rayon dur suivi de 5 rayons mous. La ligne latérale, sur les deux côtés du poisson est interrompue et compte 18 à 19 écailles, puis, décrochée vers le bas, une seconde ligne d'une douzaine d'écailles. La peau est recouverte d'écailles plus ou moins grandes suivant les espèces. La coloration générale est gris argenté, susceptible de changer de teintes suivant le milieu et certaines circonstances. Chez le *Tilapia nilotica*, des bandes grises plus foncées zèbrent l'animal. Chez certaines espèces, la coloration générale est plus riche, gris-rosâtre, voire franchement rouge. La frange vermillon de la nageoire dorsale, des macules noires entre les rayons, sur le corps ou sur l'opercule sont des signes caractéristiques chez l'adulte mais également, et de façon temporaire chez le jeune (Arrignon, 2002).

### 7.2. Dimorphisme sexuel

Le dimorphisme sexuel est périodiquement complété par un changement de robe aussi bien chez le mâle que chez la femelle. Le dimorphisme est particulièrement marqué chez les espèces qui pratiquent l'incubation buccale. Outre les caractères propres au sexe : un oviducte entre l'anus et l'urètre, soit trois orifices, la femelle présente un goitre, une sorte de poche sous la bouche. La bouche est petite, pourvue de lèvres. Le *Tilapia* est équipé de dents



sur les mâchoires ainsi que dans la gorge : les dents pharyngiennes. Cet équipement est variable suivant les espèces et leur régime alimentaire (Arrignon, 2002).

### 7.3. Anatomie

#### 7.3.1. Squelette

Charpente du corps, le squelette du Tilapia est osseux. Le squelette 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 (Arrignon, 2002).

#### 7.3.2. Appareil digestif

De l'avant vers l'arrière, l'appareil digestif, qui permet au Tilapia de se nourrir, comprend (figure. 3) :

- La bouche et les dents ;
- Le pharynx et l'œsophage ;
- L'estomac ;
- L'intestin et l'anus.

La bouche est plus ou moins proéminente suivant que les Tilapias sont ou non des suceurs ; les dents sont fonctionnelles : fines dents pharyngiennes en forme de crochets chez les poissons planctonophages tels que le *Tilapia nilotica*, fortes dents râpeuses chez les Tilapias herbivores. Le pharynx est une sorte de carrefour où s'ouvrent les branchies. L'œsophage est un conduit vers l'estomac dont les parois sont plus ou moins épaisses suivant l'alimentation des espèces. La digestion est favorisée par l'émission par la paroi de sucs gastriques chimiques, ce qui explique le mauvais goût de certains Tilapias herbivores quand on ne les vide pas avant cuisson. L'intestin est plus long chez les Tilapias herbivores que chez les autres. Son rôle essentiel est le passage dans le sang des éléments nutritifs résultant de la digestion. Le foie est une grosse glande brune placée en arrière du cœur.

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

#### 7.3.3. Appareil respiratoire

C'est par les branchies que respire le poisson. Chacune est composée d'une armature osseuse : l'arc branchial qui supporte les lamelles au niveau desquelles se fait le transfert de l'oxygène de l'eau vers l'organisme du poisson.

Le Tilapia est équipé d'une paire de quatre branchies situées de part et d'autre du corps. Elles sont protégées par une sorte de couvercle articulé : l'opercule ou encore l'ouïe. Chacun peut observer que le Tilapia avale et déglutit sans cesse ; le courant d'eau, passant par la bouche,

irrigue les branchies qui fixent l'oxygène et rendent le gaz carbonique : l'opercule joue le rôle de soupape battante.

#### 7.3.4. Appareil circulatoire

L'appareil circulatoire, qui irrigue de sang le corps du Tilapia, est un circuit fermé comprenant les artères, puis des vaisseaux très fins, les capillaires, ensuite les veines et une pompe qui anime le tout : le cœur, situé en arrière des branchies.

Le cœur est très simple ; il comprend quatre cavités :

- Le sinus veineux, qui est le collecteur des veines ramenant le sang au cœur ;
- L'atrium, qui correspond aux deux oreillettes du cœur de l'homme ;
- Le ventricule ;
- Le bulbe, qui est l'antichambre de l'aorte ventrale. Cette aorte distribue le sang aux branchies, à droite et à gauche.

Des branchies, le sang ne revient pas au cœur mais converge vers l'artère située sous la colonne vertébrale, d'où partent symétriquement les multiples artères secondaires qui vont irriguer les organes et les muscles. Le sang chargé de gaz carbonique et de déchets revient au cœur par les veines qui avec les capillaires forment des systèmes en ce qui concerne le foie (système porte hépatique) et les reins (système porte rénal) (Arrignon, 2002).

#### 7.3.5. Appareil excréteur

L'appareil excréteur est essentiellement constitué par les reins, sortes de glandes brunes, très allongées et ramifiées, tapissant la partie dorsale de la cavité viscérale avec laquelle ils sont en relation (Arrignon, 2002).

Les urines sont drainées vers l'orifice urinaire par deux canaux : les uretères.

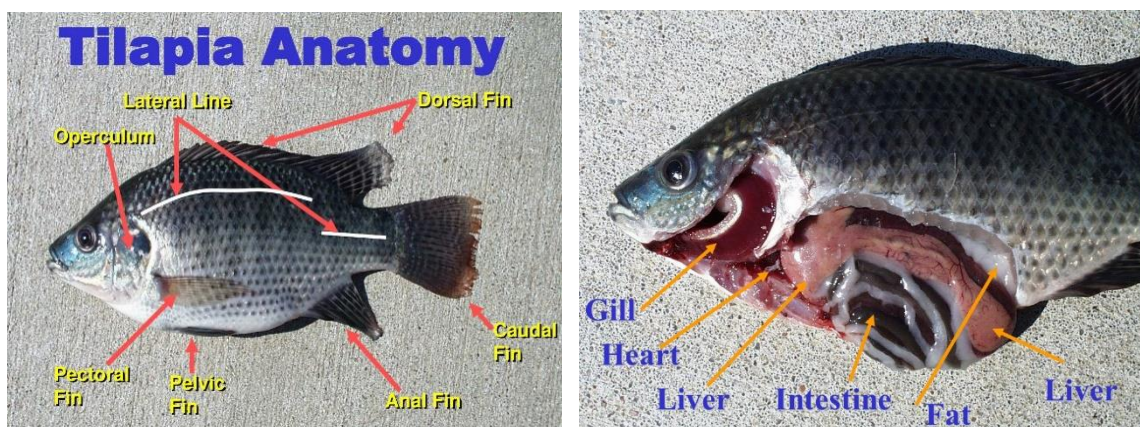


Fig. 3. Morphologie et anatomie du tilapia (A: ourmarinespecies.com. B : slideplayer.com).

## II. GENERALITES SUR LES BESOINS NUTRITIONNELS DU POISSON

On s'accorde généralement à appeler "besoin" l'apport permettant à l'animal d'effectuer un dépôt optimal dans ses tissus, même si l'apport via l'eau est nul. Comme ce dernier est souvent suffisant, il faut avoir recours aux relations schématisées.

### 1. Besoin en protéines

Une protéine est une macromolécule biologique composée par une ou plusieurs chaînes d'acides aminés liés entre eux par des liaisons peptidiques. En général, on parle de protéine lorsque la chaîne contient plus de 50 acides aminés, pour des tailles plus petites, on parle de peptide et de polypeptide, mais plus souvent simplement de « petite protéine ». Le tableau 1 montre le besoin en protéines du Tilapia.

**Tableau1** : Besoins en protéines du Tilapia à différents niveaux de salinité

Espèce		Salinité (ppm)	Besoin (%)
<b>Tilapia du Nil</b>	0.024	0	30.4
		5	30.4
		10	28.0
		15	28.0
<i>O.niloticus</i> X <i>O.aureus</i>	2.88	32-34	24.0

(FAO, 2010)

#### 1.1. Structure des protéines

Les protéines sont des objets moléculaires dont la description précise introduit la notion de structures (de manière plus ou moins hiérarchique).

La fonction des protéines est conférée par leur structure tridimensionnelle, c'est-à-dire la manière dont les acides aminés sont agencés les uns par rapport aux autres dans l'espace. C'est la raison pour laquelle les méthodes de détermination des structures tridimensionnelles ainsi que les mesures de la dynamique des protéines sont importantes et constituent un champ de recherche très actif. En plus de ces méthodes expérimentales, de nombreuses études portent sur des méthodes informatiques de prédiction de la structure 3D à partir de la séquence.

### 2. Acides aminés

Les acides aminés sont des molécules qui entrent dans la composition des protéines grâce à leur assemblage par des liaisons que l'on appelle peptidiques.

### 2.1. Structure des acides aminés

Leur nom provient du fait qu'ils possèdent une fonction amine (NH<sub>2</sub>) et une fonction acide carboxylique (COOH). Ils se distinguent par leur chaîne latérale, R, qui peut être un simple atome d'hydrogène (c'est la glycine), ou bien plus complexe. Le tableau 2 montre, en effet, le taux d'acides aminés.

**Tableau 2 : Composition en acides aminés**

	% des protéines	% du régime
<b>Arginine</b>	4.2	1.18
<b>Histidine</b>	1.72	0.48
<b>Isoleucine</b>	3.11	0.87
<b>Leucine</b>	3.39	0.95
<b>Lysine</b>	5.12	1.43
<b>L-méthionine</b>	2.68 <sup>b</sup>	0.75
<b>Phénylalanine</b>	3.75 <sup>c</sup>	1.05
<b>Thréonine</b>	3.75	1.05
<b>Tryptophane</b>	1.00	0.28
<b>Valine</b>	2.8	0.78

(Guillaume et Al.,1999)

<sup>b</sup>en présence de cystine représentant 0.54% des protéines du régime, le besoin total en acides aminés sulfurés (méthionine et cystine) s'élève à 3.21 % des protéines.

<sup>c</sup>en présence de tyrosine représentant 1.79% des protéines du régime, le besoin total en acides aminés aromatiques (phénylalanine et tyrosine) s'élève à 5.54% des protéines.

La digestion et la métabolisation des acides aminés se fait de manière passive dans les branchies, avec des coûts énergétiques réduits. La carence en acides aminés essentiels dans l'alimentation des poissons réduit l'efficacité de l'utilisation des protéines, ralentit la croissance, diminue la prise de poids et l'efficacité alimentaire, et peut réduire la résistance aux maladies en compromettant les mécanismes de réponse immunologique (**Mustapha ABA,2019**).

### 3. Besoin en glucides

Elle possède des amylases qui autorisent la digestion de l'amidon qui sera, par conséquent, le glucide de choix. Les glucides absorbés au niveau intestinal sont stockés dans le foie ou les muscles sous forme de glycogène (forme animale du stockage glucidique) ou de triglycérides dans le foie, les muscles ou dans la cavité cœlomique (**Ranson, 2003**). Selon **Nagai et Ikeda (1971)**, le stockage sous forme de glycogène ne se fait qu'avec un rendement de 1,2%.

La quantité de glucides dans la ration doit prendre en compte leur coefficient d'assimilation. Ce coefficient est faible, inférieur à celui des lipides et des protéines (75 à 95% suivant la source de protéines) (**Ranson, 2003**).

#### 4. Besoin en lipides

Les lipides constituent la première source d'énergie. Le contenu énergétique d'un gramme de lipide (9,1 kcal d'énergie brute) est deux fois plus élevé que celui d'un gramme de protéine (5,5 kcal) ou un gramme d'hydrate de carbone (4,1 kcal) (**Jauncey et Ross, 1982 ; New, 1987**), mais il semblerait toutefois que les tilapias n'utilisent pas des taux élevés en lipides. Comme les cyprinidés. Cette faible utilisation pourrait être due à un manque d'enzymes (tels que les lipases) et/ou à un mécanisme d'absorption déficient. Les lipides sont également utilisés comme source en certains acides gras essentiels.

##### 4.1. Les lipides et leur importance chez les poissons

Les lipides sont des biomolécules organiques insolubles dans l'eau et extractibles des cellules et des tissus par des solvants organiques (non polaires) tels que le chloroforme, l'éther ou le benzène (**Lehninger, 1979**). Les lipides peuvent être classés en différentes familles selon des propriétés structurales ou fonctionnelles mais leurs propriétés communes résultent de leurs chaînes hydrocarbonées qui constituent la majeure partie de leur structure. Chez les poissons, la teneur et la composition en lipides varient avec l'âge, le cycle sexuel et les facteurs environnementaux tels que la température et la salinité de l'eau (**Wood et Lister, 1973 ; Gandemer, 1997**). Elle est également sous le contrôle de facteurs nutritionnels (**Médale et al., 2003**), et de facteurs génétiques (**Quillet et al., 2005**).

Les lipides de poissons sont caractérisés par un haut degré d'insaturation. Ils incluent jusqu'à 40% d'acides gras poly insaturés (14 à 22 atomes de carbone) (**Medale, 2005**), alors que la graisse des mammifères contient rarement plus de deux doubles liaisons par molécule d'acide gras avec une prédominance des A.G.P.I. de la série (n-6) et (n-9) (**Abi-ayad, 1998**).

#### 5. Besoin en vitamines et minéraux

Les vitamines sont des substances chimiques indispensables pour la bonne santé d'un organisme, elles conditionnent le bon déroulement des divers processus physiologiques. Elles jouent avant tout un rôle de catalyseur. Certaines expériences de diététique sont probantes : lorsque des poissons sont alimentés avec une nourriture totalement dépourvue d'une vitamine déterminée, certains signes de carence ne tardent pas à se manifester. On peut donc conclure à la nécessité de la vitamine absente. A l'inverse, un excès de vitamine peut être nuisible et provoquer diverses maladies. Les vitamines que l'on distingue par l'intermédiaire d'une lettre majuscule (A, B, C, D, E....), éventuellement suivie d'un numéro lorsque plusieurs vitamines existent sous ce même complexe. Les vitamines peuvent être réparties en deux groupes :

- les vitamines liposolubles (solubles dans les graisses) : A, D, E et K.
- les vitamines hydrosolubles (solubles dans l'eau) : B, C et P.

Le tableau 3 montent les différents besoins des tilapias en vitamines.

**Tableau3** : besoins en vitamines des tilapias

Vitamines	Besoins (g/kg aliment)	Prémix <sup>(1)</sup> (g/kg prémix)
Thiamine (Vit.B1)	-	2.5
Riboflavine (Vit.B2)	6 <sup>(2)</sup>	2.5
Pyridoxine (Vit.B6)	-	2.0
Acidepantothenique	10 <sup>(3)</sup>	5.0
Inositol	-	100
Biotine (Vit.H)	-	0.3
Acide folique	-	0.75
Acide para-N-benzoique	-	2.5
Choline	26 – 125 <sup>(4)</sup>	200
Niacine (ac. nicotinique)	-	10
Cyanocobalamine (Vit.B12)	-	0.005
Retinol (Vit.A)	-	-
(Palmitate de ...)	-	-
α- Tocopherol (acetate de ..)	-	20.1
Vit .K	-	2.0
Acide ascorbique (Vit.C)	50 <sup>(5)</sup>	50
Cholécalciférol (Vit.D3)	-	-

(Pouamogne, 1994)

Les sels minéraux ont également un rôle fondamental au niveau métabolique et structural. Le phosphore et le calcium participent à l'élaboration de l'ossature des vertébrés et des poissons.

Les principaux besoins des tilapias en macro-minéraux sont regroupés dans le tableau4.

**Tableau4** : quelques besoins en macro-minéraux (% MS) et en oligo-éléments (ppm) des tilapias

<b>Calcium</b>	0.65*
<b>Phosphore</b>	0.9
<b>Potassium</b>	-
<b>Magnésium</b>	0.06
<b>Fer</b>	-
<b>Zinc</b>	10
<b>Manganèse</b>	12

\*en eau sans Ca

(Guillaume *et al.*, 1999).

### III. GENERALITES SUR LE QUINOA

#### 1. Histoire et origine de quinoa

Le quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) est une plante herbacée annuelle de la famille des Amaranthacées, originaire de la région andine de l'Amérique du Sud (figure.4), et plus précisément des alentours du lac Titicaca. D'après les témoignages historiques, le quinoa aurait été domestiqué il y a plus de 7000 ans par les peuples andins. Les plus anciens vestiges de quinoa ont été retrouvés à Ayacucho au Pérou et dataient de plus de 5000 ans avant J.-C., d'autres provenant de Chinchorro dans le Nord du Chili dataient de 3000 avant J.-C, et enfin des traces ont été découvertes en Bolivie datant de 750 avant J.-C. (Galwey *et al.*, 1990).

Le quinoa constituait une source d'alimentation importante pour les populations précolombiennes, et parfois surnommé « graine des Incas » (Galwey *et al.*, 1990) a été cultivé et consommé pendant des siècles par les populations paysannes indigènes de Colombie, Équateur, Pérou, Bolivie et Chili (Gandarillas. 1979).

Après la conquête de la région par les Espagnols en 1532 après JC, des cultures telles que la pomme de terre, les haricots, l'avoine et le quinoa, échangées par l'orge sont reléguées au second plan (Galwey 1995 ; Bhargava *et al.*, 2006a).

Concernant ses propriétés médicinales, les archives indiquent une grande variété d'utilisations de la plante, du traitement des plaies et des fractures à celui des problèmes digestifs. Il a également été largement considéré comme tonique (FAO, 2011).



**Fig. 4 : Distribution géographique de la culture traditionnelle du quinoa en Amérique du Sud (la densité de gris reflète l'importance relative de la culture) (NRC, 1989).**

## 2. L'importance de la culture du Quinoa

### 2.1. Dans le monde

Le quinoa occupe une superficie d'environ 99.313 ha dans le monde, et la production était de 78.025 tonnes en 2010. La Bolivie et le Pérou sont les principaux producteurs. La Bolivie est la principale productrice du quinoa en termes de superficie, qui est de l'ordre de 63.010 ha avec une production d'environ 36.106 tonnes alors que le Pérou produit plus de 41.000 tonnes sur une superficie d'environ 35.313 ha (rendement plus élevé au Pérou) (FAO 2010).

### 2.2. En Algérie

L'introduction de la culture du quinoa en Algérie s'est faite en 2014. Elle est cultivée à titre expérimental dans huit sites appartenant à quatre institutions ayant différentes caractéristiques agro-écologiques. ITDAS, (Biskra et El-oued), INRAA, (Adrar et Ghilizane), ITGC, (Sétif, Tiaret et Guelma) et INRF (Alger). Cela ouvre de grandes perspectives de développement, en raison de l'adaptation de cette plante associée aux céréales à différents climats, ont affirmé à Alger des experts lors d'un atelier sur le lancement du projet régional de deux jours qui regroupe des pays d'Afrique et du Moyen – Orient de l'Organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture. Selon le rapport de la FOA (2016), la culture du quinoa en Algérie peut servir à ouvrir de grandes perspectives de développement. En effet, l'intérêt de cette plante réside dans sa capacité de résistance face à des conditions climatiques extrêmes (sécheresse, pauvreté des sols, salinité) lui conférant une grande efficacité dans la lutte contre la désertification tout en donnant des rendements acceptables. Au niveau de l'INRAA, les essais ont été menés sur deux sites, le meilleur rendement a été enregistré à Adrar (Récolte mars 2015) avec 19.4 qx /ha, dont une irrigation d'appoint en période de sécheresse.

## 3. Classification des quinoas

Règne : Plantae.

Sous-embr : Tracheobionta.

Division : Magnoliophyta.

Classe : Magnoliopsida.

Sous-classe : Dicotyledonae.

Ordre : Caryophyllale.

Famille : Chenopodiaceae.

Genre : *Chenopodium*.

Espèces : *Chenopodium quinoa Willd*



## 4. La morphologie de la plante

### 4.1. Racines

Le quinoa possède un système racinaire pivotant, vigoureux, profond, assez ramifié et fibreux, qui pourrait lui donner résistance à la sécheresse et une bonne stabilité à la plante. Pendant la germination, la première chose qui commence à s'allonger est la radicule. Elle continue à croître et conduit à la racine, atteignant en cas de sécheresse jusqu'à 1.80 cm de profondeur. La profondeur des racines est étroitement liée à la hauteur de la plante (**Mujica, Izquierdo et al., 2001**).

### 4.2. La tige

La tige est cylindrique, sauf au niveau des ramifications où elle est angulaire, puisque les feuilles sont alternes et donnent une configuration exceptionnelle. L'épaisseur de la tige est également variable, étant plus grande à la base qu'au sommet. Ceci est généralement en fonction du génotype, de la densité de plantation et de la disponibilité des éléments nutritifs. La coloration de la tige varie du vert au rouge. Le diamètre de la tige est variable avec les génotypes, la distance de plantation, la fertilisation, les conditions de culture, variant de 1 à 8 cm de diamètre (**Mujica et al., 2001**).

### 4.3. Les feuilles

Les feuilles d'une même plante sont nettement polymorphes (**Bioversity International et FAO, 2013**), les feuilles basales sont grandes et peuvent être rhomboïdales ou triangulaires (**FAO, 2011**). Les feuilles alternes, ont un limbe en forme de losange, de triangle ou lancéolé, plat ou onduleux, charnu et tendre (**Del Castillo et al., 2008**). Elles sont dentées, avec jusqu'à 43 dents sur leurs bords. La couleur des feuilles varie du vert au rouge, en passant par le jaune et le violet, selon la nature et l'importance des pigments (**FAO, 2011**).



Figure05 : plante de quinoa (agrimaroc,2018)

#### 4.4. Les graines

Les grains de quinoa rassemblent à des petits disques aplatis d'environ 2 mm de diamètre et recouvertes de saponine (une résine amère qui éloigne les oiseaux) et n'ont pas besoin d'être traitées pour être cultivées. C'est pourquoi il est presque toujours commercialisé sous le label "agriculture biologique".

Les grains sont sans gluten et contiennent toutes les protéines essentielles à l'alimentation humaine (Moore, 2017). Selon Kabalane et Beridi (2016) les grains de quinoa prennent des couleurs ; blanche, rouge, jaune, noire, rose et violet. D'un diamètre de 2 à 3 mm (Chaherli et Saleh, 2015).



**Figure06** : Couleurs de grains de quinoa

#### 4. La composition nutritionnelle de grains de quinoa

Les quinoas sont riches en protéines, en acides aminés essentiels, en fibres alimentaires, en graisses, en minéraux, en vitamines et en antioxydants naturels (Jyoti et Chanu, 2018). Le quinoa a un potentiel nutritif important (tableau 5). Elle se caractérise par une teneur élevée en protéines : 14 à 21% contre 7 à 12% chez la plupart des autres céréales (blé, riz, maïs, orge...etc.) (Bhargava *et al.*, 2006).

**Tableau 5** : La teneur en nutriment du quinoa en comparaison d'autres aliments (pour 100 g de poids sec).

Composition	Quinoa	maïs	Riz	Blé
Energie (kcal/100g)	399	408	372	392
Protéine(g/100g)	16.5	10.2	7.6	14.3
Lipide (g/100g)	6.3	4.7	2.2	2.3
Glucides totaux (g/100g)	69	81.1	80.4	78.4
Fer (mg/100g)	13.2	2.1	0.7	3.8
Zinc (mg/100g)	4.4	2.9	0.6	4.7

(Koziol,1992)

## 5.2. Les saponines

On les rencontre chez de très nombreuses espèces végétales dans la plante entière et en particulier dans les feuilles. L'une des mieux connues. Présente dans la luzerne (*Medicago sativa*), est formée d'une molécule de glucose estérifiée par l'acide médiagénique. Mais il existe des dizaines de molécules de ce type. Les propriétés des saponines sont doublées : par leur amertume elles peuvent, elles aussi, diminuer l'appétibilité des régimes, mais surtout, par leur affinité pour les stérols, elles interfèrent avec l'absorption intestinale de ces composés et limitent le recyclage des sels biliaires. Les saponines sont très stables mais il existe une importante variabilité génétique. La toxicité des saponines pour les poissons est controversée, elle est en fait mal connue. Chez les crustacés, les données expérimentales sont encore presque inexistantes, mais il faut a priori s'attendre à une toxicité plus élevée que chez les vertébrés par suite de l'incapacité des arthropodes à synthétiser le noyau stérol qui revêt un caractère indispensable. (Guillaume *et al.*,1999)

# CHAPITRE II

## MATÉRIEL ET MÉTHODES

### 1. Objectif

L'objectif principal de notre étude est de valoriser le quinoa en aquaculture et d'étudier l'effet de saponines sur la croissance des alevins du tilapia rouge.

D'autres objectifs ont été visés par notre étude :

- ✓ La recherche d'une meilleure intégration des sous- produits locaux dans les aliments pour tilapia ;
- ✓ La formulation et la fabrication d'aliments à faible coûts et qui répondent aux besoins du tilapia rouge ;
- ✓ Valorisations des protéines d'origine végétale ;
- ✓ Evaluer les taux de croissance et de survie d'*O. niloticus* en testant l'efficacité de l'aliment commercial et les aliments fabriqués ;
- ✓ L'impact des différents aliments testés sur la qualité de l'eau des aquariums ;
- ✓ Du point de vue économique, la substitution de certains ingrédients afin de diminuer le prix de l'aliment.

### 2. Présentation de lieu de stage

Notre étude a été réalisée au niveau du Centre Nationale de Recherche et de Développement de la Pêche et de l'Aquaculture (CNRDPA), situé à la ville de Bou-Ismaïl, la wilaya du Tipaza pour une période de 3 mois allant du mois de mars au mois de juin de l'année en cours, au sein de la division Industrie et Transformation des produits de la pêche et de l'aquaculture.

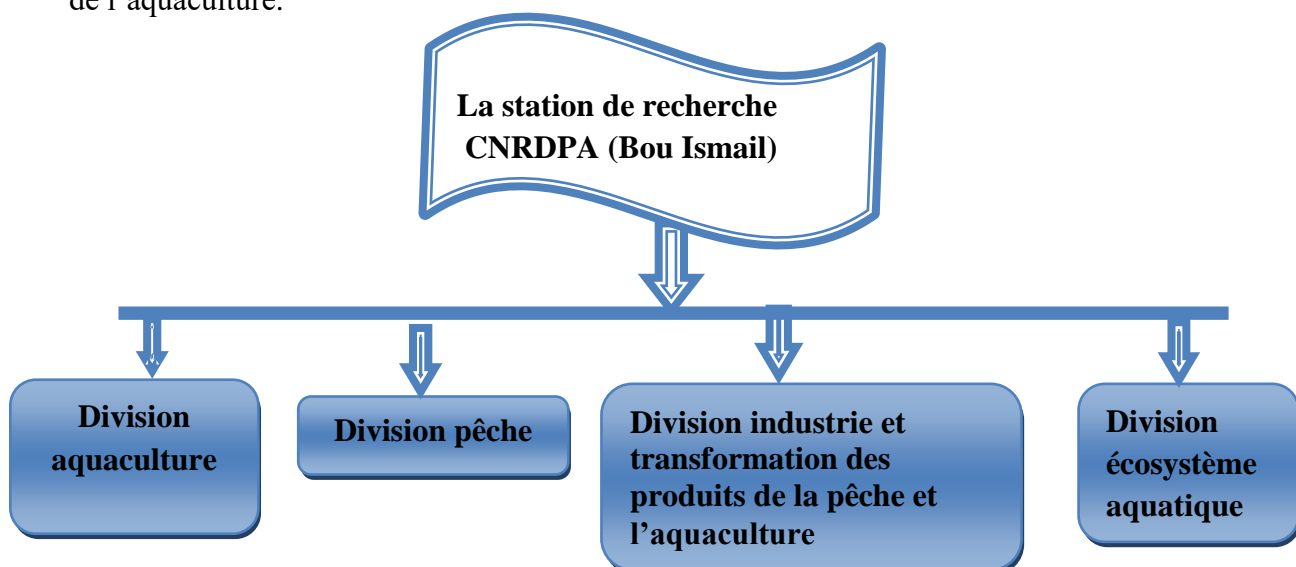


Fig.7 : Organisation du CNRDPA

### 3. Protocole expérimental

#### 3.1. Structure d'élevage

Les structures d'élevage sont constituées par quatre aquariums nettoyés et désinfectés (60 cm longueur x 36 cm largeur x 45 cm hauteur) d'une capacité d'eau 64.8 L pour chacun, que nous avons utilisés pour le stade alevinage des tilapias d'un poids initial environ 5g.

Chaque aquarium est équipé d'un thermostat et d'une pompe d'oxygène pour garder une température optimale et une bonne oxygénation. Les aquariums ont été alimentés par l'eau d'un puits, le renouvellement de 20% de volume d'eau et le nettoyage et siphonage des aquariums se font chaque jour. La vidange totale des quatre aquariums se fait chaque semaine le jour même de la pesée des poissons.



**Figure 8 :** Aquarium d'alevinage

#### 3.2. Matériel biologique

72 individus du tilapia rouge d'un poids moyen initial de 5 gramme ( $pm=5g$ ) ont été répartis dans les 4 aquariums avec un nombre de 20 alevins pour 3 aquariums et 12 alevins pour le 4<sup>ème</sup> aquarium. La biomasse des alevins doit être identique dans les 4 aquariums pour mieux suivre l'efficacité des aliments sur la croissance des alevins du tilapia rouge d'un même poids moyen initial (tableau 6). Les alevins proviennent de la ferme Aquacult-BELAID de Thenia wilaya de Boumerdes. Quatre types d'aliments ont été distribués aux aquariums. Il s'agit d'un aliment commercial (aliment témoin) et trois aliments fabriqués en répondant aux besoins nutritionnels de l'espèce testée.

#### 3.3. Distribution des aliments

Les poissons sont nourris manuellement tous les jours avec une ration journalière calculée à partir de la formule de **Melard (1999)** qui donne le taux optimal de rationnement R (%) en fonction du poids moyen Pm (g) du poisson. Pour notre cas la ration journalière ( $R_j$ ) est de 6% de la biomasse des individus puis 5 %.

Ce taux de rationnement est ajusté tous les 7 jours après chaque pesée de contrôle de croissance. La ration quotidienne est divisée en 3 parties (fréquence journalière), une partie distribuée aux alevins à 10 heures du matin, une à midi, et l'autre à 15 heures.

**Tableau 6** : distribution des trois aliments formulés et l'aliment importé dans les 4 aquariums.

Numéro d'aquarium	Aquarium 1	Aquarium 2	Aquarium 3	Aquarium 4
Nombre d'alevins	20	20	20	12
Type d'aliment distribué	Aliment commercial extrudé(A1)	Aliment avec saponines (A1)	Aliment sans saponines (A2)	Aliment Amélioré (A3)

#### 4. Formulation d'aliment

La formulation alimentaire consiste à combiner différents ingrédients d'origine animale et végétale, ou des sous-produits des usines alimentaires. La combinaison se fait dans une proportion bien déterminée pour obtenir la valeur nutritive nécessaire (**Rasoanandrasana et al, 2013**). Un seul ingrédient ne contient jamais tous les éléments nutritifs utiles.

Les ingrédients utilisés pour la production d'aliments d'aquaculture peuvent être en gros répartis en trois grandes catégories, selon leur origine : sources de nutriments animaux, sources de nutriments végétaux et sources de nutriments microbiens.

##### 4.1.Matières premières

Les matières premières utilisées dans notre étude sont disponibles localement. Les ingrédients ont été achetés sous forme de poudre mise à part le quinoa sous forme granulé. Le tableau 7 montre les différentes valeurs de compositions chimiques des matières premières d'origine végétale, utilisées dans notre étude (**Guillaume, et al 1999**).

**Tableau 7** : composition nutritionnelle des matières premières d'origine végétale utilisées

Composition chimique	quinoa	Son de blé	soja	gluten	maïs	Huile végétal
Extractif non azoté	-	53	28.5	-	69	-
Protéine brute	14,1	15.6	48.0	63	9.0	-
Lipide	6,3	6.5	1.9	8.0	4.20	98.7
Cendre brute	2,38	4.4	6.2	2.0	1.6	-
Calcium	0,47	0.15	0.27	0.10	0.01	-
Phosphore total	4,57	0.93	0.69	1.1	0.27	-
Sodium	0,05	-	0.01	-	0.01	-
Potassium	5,63	1.00	2.02	-	0.33	-
Magnésium	1,97	0.35	0.28	-	0.11	-
Energie brute (Kcal/Kg)	3990	4000	4200	3100	3860	9450
Energie digestible (Kcal/Kg)	-	3700	3223	-	3590	-

## 4.2. Composition des aliments formulés

La formulation et la fabrication des trois aliments ont été faites au niveau du centre national de recherche et de développement de la pêche et de l'aquaculture « CNRDPA ».

Nous avons utilisé la même formule pour les aliments A1 et A2, sauf pour l'aliment 2 on a utilisé le quinoa après plusieurs rinçages pour éliminer les saponines.

Nous avons préparé un troisième aliment A3 pour améliorer la première formule en augmentant la quantité de la farine du poisson afin d'avoir un bon indice de conversion.

La figure 9 représente la quantité de chaque matière première dans les 03 formules composées pour les aliments (A1, A2 et A3).

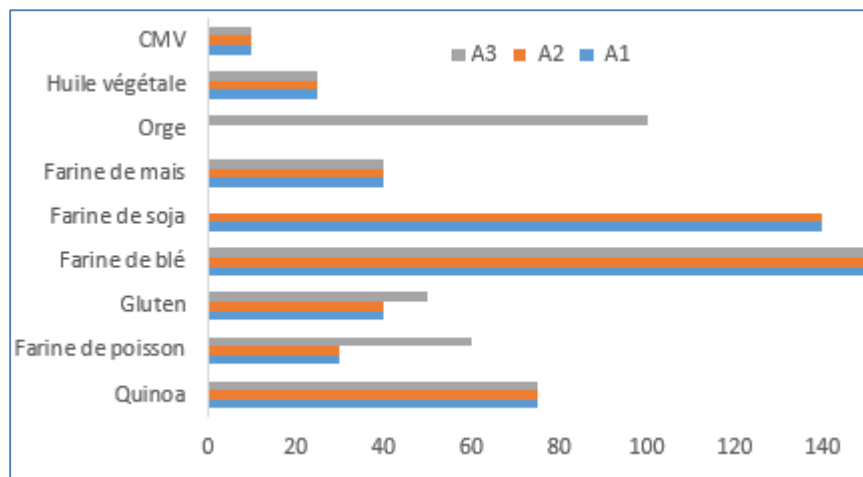


Figure 9 : Composition des trois aliments (A1, A2 et A3)

## 5. Fabrication des aliments

La formulation des aliments a été réalisée selon **Guillaum (1999)** et le processus de fabrication des aliments consiste en une série d'opération dont le but est d'associer plusieurs matières premières dans des proportions fixées à l'avance pour un objectif nutritionnel précis.

La fabrication de l'aliment s'est faite au niveau du CNRDPA.

### 5.1. Préparation de la farine du quinoa

Nous avons préparé deux types de farine de quinoa (figure. 10) :

#### 5.1.1. Farine de quinoa sans élimination de saponine

La farine est préparée en suivant les étapes suivantes :

- Récupération du quinoa : le quinoa utilisé est originaire de la wilaya d'El Oued. Il était récupéré à un état sec sous forme de granulés.
- Broyage : à l'aide d'un broyeur pour transformer les graines de quinoa en farine.

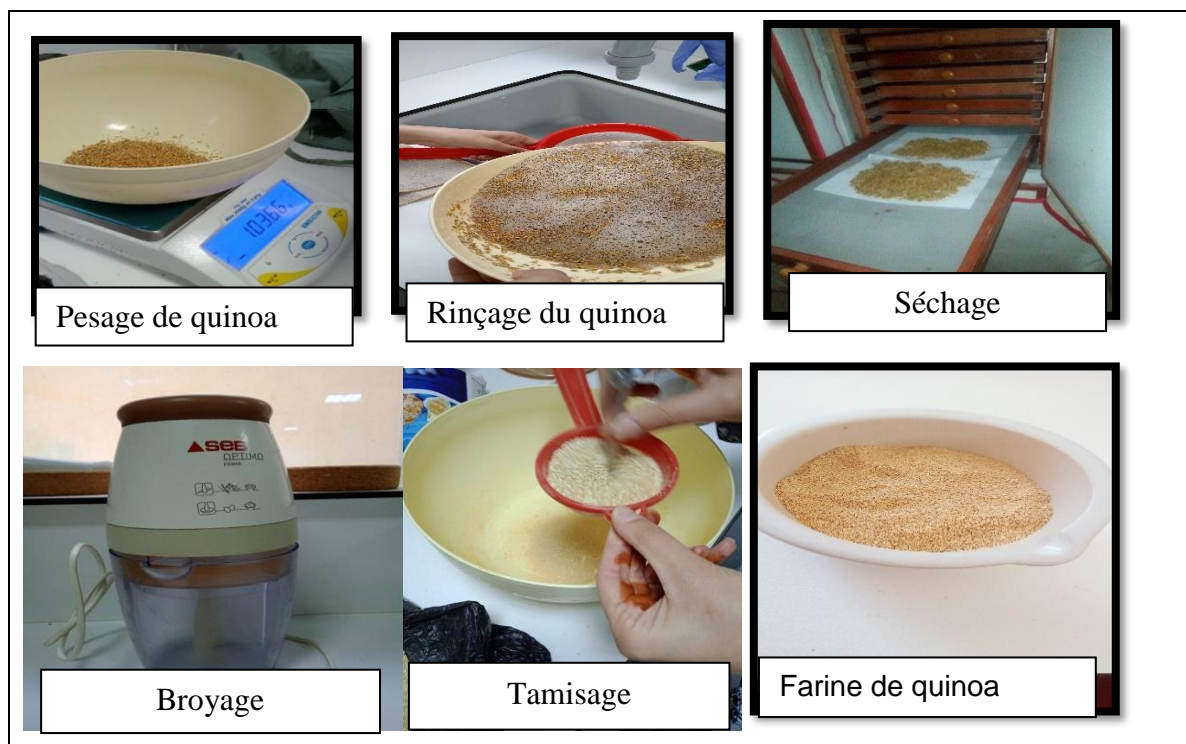


- Tamisage du quinoa jusqu'à l'obtention des particules très fines homogénéisées.

**5.1.2. Farine de quinoa sans saponines :**

- Rinçage du quinoa jusqu'à la disparition totale de saponines.
- Séchage du quinoa dans un séchoir pour retirer l'eau et obtenir les graines sèches.
- Broyage de cette graine de quinoa pour obtenir une farine.
- Tamisage du quinoa.

La farine de quinoa est conservée dans des bocaux en verre.



**Figure 10 :** Préparation de la farine de quinoa

**5.1.Processus de la fabrication d'aliments**

**5.1.1. Équipement nécessaire**

Les principaux équipements nécessaires à la fabrication sont essentiellement : le broyeur, la balance à précision, des récipients, un hachoir à viande, un séchoir, une étuve, un pétrin, de la verrerie graduée, des bocaux en verre et des plateaux.

**5.1.2. Étapes de la fabrication d'aliments**

L'aliment est préparé selon les étapes suivantes (figure. 11) :

**5.1.2.1.Broyage :** On utilise un hachoir pour broyer le quinoa et CMV (composés , vitamines et minéraux) afin d'avoir des particules plus fines.

**5.1.2.2.Rinçage :** On lave soigneusement le quinoa avec l'eau pour se débarrasser de saponines.

**5.1.2.3.Pesage :** A l'aide d'une balance de précision on pèse les différentes matières premières pour avoir les quantités indiquées dans la formule.

**5.1.2.4.Homogénéisation :** On mélange les matières sèches avant d'ajouter d'huile et de l'eau pour avoir une pâte homogène à l'aide d'un pétrin.

**5.1.2.5.Mise en forme de l'aliment :** Après avoir obtenu un mélange homogène on ajoute de l'huile et de l'eau et on mélange à l'aide d'un pétrin pour avoir une pâte qui sera mise dans un hachoir à viande pour avoir la forme de spaghetti qui sera coupée par la suite en petits morceaux.

**5.1.2.6.Séchage :** le séchage est effectué à l'aide d'un séchoir pour réduire le taux d'humidité dans notre aliment pendant 3 à 4 heures à 45°C. On fragmente la pâte en très petits morceaux.

**5.1.2.7.Conditionnement :** une quantité d'aliment sera broyée en farine pour l'analyse biochimique et être facile à ingérer par les alevins, l'autre partie sera conservée directement dans des bocaux en verre.

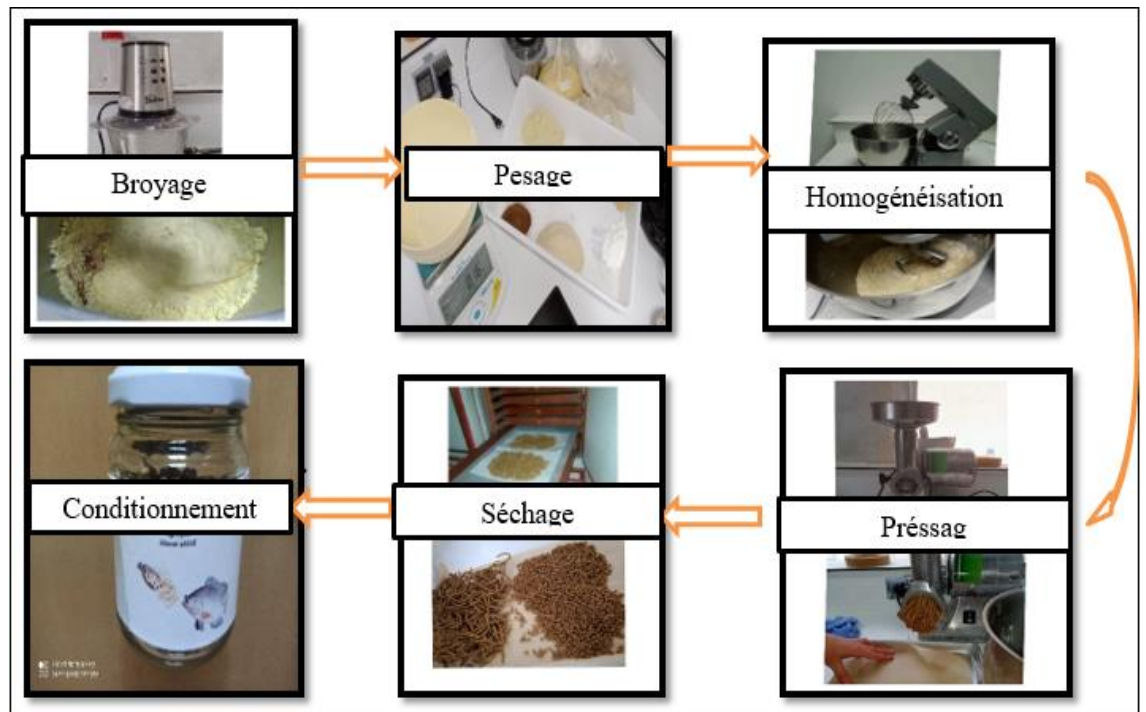


Figure 11 : la fabrication de l'aliment.

## 6. Étude de l'efficacité alimentaire et suivi zootechnique

### 6.1. Analyses des caractères physiques des aliments

#### 6.1.1. Taille des particules

La taille des granulés doit s'adapter à la bouche et la taille du poisson pour qu'il puisse les ingérer. On évalue ce paramètre par la comparaison entre la granulométrie de l'aliment et la bouche des alevins et on vérifie si le poisson arrive à manger l'aliment.

### 6.1.2. Durabilité

On jette l'aliment dans l'eau et on observe s'il est stable et pour combien du temps.

### 6.1.3. Détérioration

C'est les changements que subissent un corps en fonction de sa constitution spécifique. Ce qui réduit leur valeur nutritionnelle et/ou les rendement impropres à la consommation. Un aliment détérioré a une incidence directe sur la santé du consommateur et peut provoquer des intoxications graves (Cheroual,2019).

### 6.1.4. Acceptabilité

C'est un paramètre très important en nutrition. Un aliment doit attirer les poissons pour qu'il soit consommé surtout son odeur, d'où l'intérêt d'incorporer la farine du poisson et des algues même en une petite quantité. Nous avons nourri les poissons puis nous avons observé le comportement alimentaire du poisson.

### 6.1.5. Flottabilité

D'après Guessant (2008), trois types d'aliment sont distingués par rapport à leurs taux de flottabilité, ces 3 classes sont indiquées dans le tableau 8.

**Tableau 8 : Les trois critères de flottabilité d'après le Guessant (2008)**

Type d'aliment	Le taux de flottabilité (%)
<b>Coulant</b>	Moins de 5% d'aliment flottant
<b>Semi flottant</b>	Entre 30 à 80% d'aliment flottant
<b>Flottant</b>	Plus de 80% d'aliment flottant

Nous avons rempli des verres en eau, puis nous avons ajouté l'aliment et nous avons déterminé la durée pendant laquelle il coule dans l'eau. On signale que certains poissons préfèrent manger à la surface alors que d'autres préfèrent dans le fond.

### 1.1.Paramètres zootechniques mesurés

Le rendement de l'efficacité d'aliment et le suivi de la croissance ont été examinés au cours de cette étude d'après l'effet du régime alimentaire (aliments fabriqué et commercial) pour cela différents indices ont été calculés.

### 6.1.6. Taux de mortalité (TM)

$$TM\% = \frac{\text{nombre d'individus morts}}{Ni} \times 10 \quad \text{avec } Ni : \text{effectif initial}$$

### 6.1.7. Taux de survie (TS) :

$$T.S (\%) = \frac{nf}{Ni} \times 100$$

Avec :

**TS** : taux de survie ; **nF** : Nombre de Poisson Final **Ni** : nombre initial de poissons.

#### 6.1.8. Poids moyen initial (Pmi)

Le poids moyen initial (Pmi) est calculé en faisant le rapport de la biomasse initiale par le nombre initial de poissons. La biomasse initiale étant obtenue par la pesée de tous les poissons.

$$Pmi (g) = \frac{\text{Biomasse initiale (g)}}{\text{Nombre initial de poissons}}$$

#### 6.1.9. Poids moyen final (Pmf)

Le poids moyen final (Pmf) est calculé en faisant le rapport de la biomasse finale par le nombre final de poissons.

$$Pmf (g) = \frac{\text{Biomasse finale (g)}}{\text{Nombre final de poissons}}$$

#### 6.1.10. Taux de croissance journalier (TCJ)

C'est le gain moyen du poids quotidien obtenu durant la durée de l'élevage. Il est calculé comme suit :

$$TCJ(g/j) = \frac{(\text{Poids moyen final} - \text{Poids moyen initial})}{\text{Durée de l'expérimentation}}$$

#### 6.1.11. Taux de croissance spécifique (TCS)

Le taux de croissance spécifique (TCS) donne la vitesse instantanée de croissance des poissons. Il est calculé comme suit :

$$TCS(\% / j) = \frac{\ln(Pmf (g)) - \ln(Pmi (g)) \times 100}{\text{Durée d'élevage}}$$

#### 6.1.12. Gain du poids (GP)

C'est le poids gagné par les individus par rapport à leur poids initial au cours de l'élevage. Il s'exprime par :

$$GP (\%) = \frac{(\text{Poids moyen final} - \text{Poids moyen initial})}{\text{Poids moyen initial}} \times 100$$

#### 6.1.13. Indice de Conversion de l'aliment (IC)

Il permet de donner une idée de l'efficacité alimentaire d'un aliment ou d'une stratégie alimentaire.

$$IC(g/g) = \frac{\text{Quantité d'aliment distribuée (g matière sèche)}}{\text{gain de poids (g)}}$$

## **6.2. Étude de l'effet des aliments sur les concentrations des formes azotées et la qualité de l'eau**

Pour étudier l'effet des aliments sur les concentrations des formes azotées et qualité d'eau, nous avons laissé les aquariums sans siphonage pendant 6 jours sauf qu'on va nourrir les poissons avec la même fréquence. L'eau ne sera pas renouvelée pour mieux détecter l'effet de taux d'alimentation sur la qualité de l'eau et la santé de poisson. On mesure quotidiennement l'acide ammoniacal, nitrites et phosphates le matin avant de nourrir et le soir une demi-heure après la distribution de l'aliment en utilisant des kits et la méthode colorimétrique. Pour l'utilisation des testeurs (kits), la technique est simple : on trompe les kits dans l'eau de l'aquarium en l'agitant, après un temps d'attente déterminé, on compare la couleur de la bandelette par rapport aux normes recommandées.

### **6.2.1. Paramètres physiques**

La température, la dureté et le pH ont été mesurés quotidiennement le matin avant de nourrir les poissons et à la fin de journée à l'aide d'un thermomètre, un TDS mètre et un pH mètre.

### **6.2.2. Paramètres chimiques :**

Les analyses des sels nutritifs (les nitrites, l'azote ammoniacal et le phosphore) de l'eau sont réalisées au niveau du laboratoire de recherche de CNRDPA par méthode spectrale.

#### **6.2.2.1. Dosage des nitrites**

On prend 50 ml d'échantillon de l'eau d'élevage et on ajoute 1 ml du réactif 1 (solution de sulfamide) et on mélange, on laisse la solution repose 2 à 8 min et on ajoute 1ml du réactif 2 (solution de N-Naphtylénediamine) (figure. 12).

Il faut attendre au moins 10min mais pas plus de 2h pour mesurer l'absorbance à 543 nm.



Figure 12 : dosage de nitrite

### 6.2.2.2. Dosage de l'azote ammoniacal

On mélange 100 ml de l'échantillon (eau d'élevage) avec 3 ml du réactif 1 (solution de phénol-Nitroprussiate de sodium), on agite pour bien homogénéiser ensuite on ajoute sans attendre 3 ml du réactif 2 (solution alcaline d'hypochlorite), la bouteille du mélange fermée doit être placée à l'abri de la lumière pendant une nuit (figure.13). On mesure l'absorbance à 630 nm.



Figure 13 : Dosage de l'azote ammoniacal

### 6.2.2.3. Dosage du phosphate

Pour faire le dosage du phosphate en premier il faut préparer un mélange (R5) à partir des réactifs suivants :

R1 : 2 ml solution de molybdate d'ammonium.

R2 :5 ml acide sulfurique.

R3 :2 ml solution d'acide ascorbique.

R4 :1 ml solution d'oxytatrate de potassium et d'antimoine.

R5 : mélange des réactifs R1+R2+R3+R4

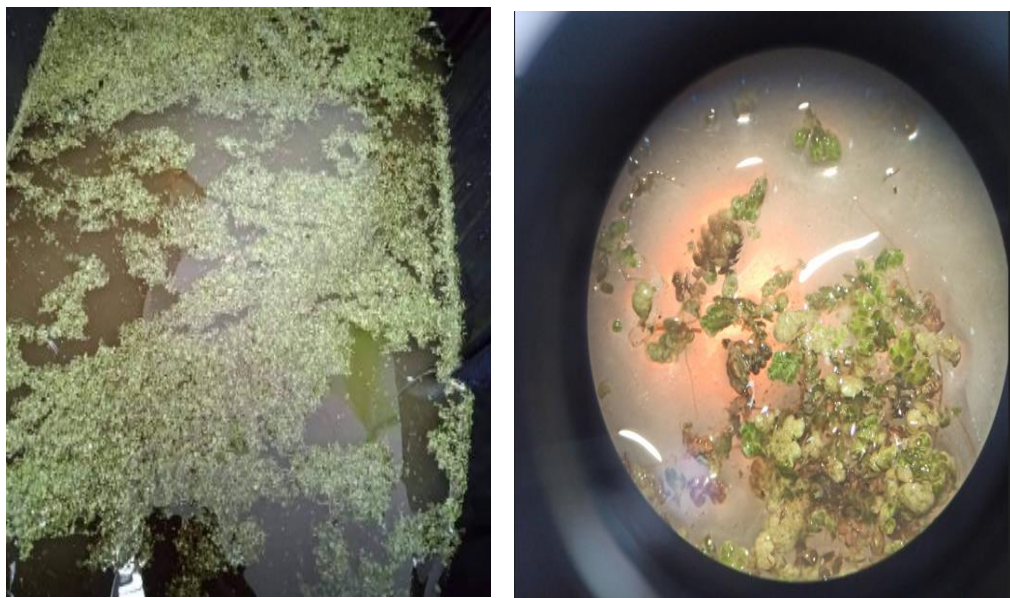
On prend 100ml de l'échantillon et on ajoute 10ml du mélange R5, on agite et on laisse reposer 5 min puis la lecture est faite au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 885nm.

### 6.3.Utilisation de l'azolla en aquaculture

L'azolla est une fougère aquatique ramifiée et flottante, qui pousse rapidement à la surface de l'eau (figure. 14). *Azolla* appartient à l'embranchement des Ptéridophytes, à la classe des Filicopsides, à l'ordre des Salviniiales et à la famille des Aizoacées (Moore 1969 ; Ashton et Walmsley, 1976).

#### 6.3.1. Avantages de l'azolla

L'azolla sert d'aliments pour le bétail, de biofertilisant, elle est également utilisée dans la lutte contre les mauvaises herbes et les moustiques et aussi dans la bioaccumulation des polluants dans le cas d'épuration.



a. Azolla dans un bassin   b. Azolla vu par une loupe binoculaire

**Figure 14** : Azolla

#### 6.4.2. Méthodes de culture d'azolla

L'azolla est facile à cultiver. On a utilisé un bac rectangulaire recouvert d'une bâche. On a mis une petite quantité de fumier de terre dans le bac que l'on a mis dans un endroit peu

lumineux (une forte lumière tue l'azolla). On laisse le milieu de culture pour quelques jours puis on place l'azolla. On a utilisé une autre méthode qui consiste à nourrir l'azolla par les eaux d'élevage du tilapia au lieu de l'utiliser le fumier (figure. 15). L'azolla sera récoltée à la fin de l'expérience pour tester son efficacité en aquaculture comme un effet nutritionnel et la dépollution de l'eau.



**Figure 15 :** Les étapes de culture l'azolla

### 6.5. Analyse statistique

Les résultats de notre étude seront traités par des analyses statistiques sous le logiciel Xlstat dont les tests à réalisés sont :

- Test de normalité pour savoir si nos variables suivent une loi normale ou non pour mieux choisir les tests à faire,
- La corrélation et la régression pour vérifier la relation et l'interaction entre les paramètres biométriques et les indices zootechniques calculés,
- Anova à un seul facteur pour l'effet de l'aliment sur la croissance du poisson,
- AFC pour l'effet des paramètres physicochimiques sur les paramètres biotiques



# CHAPITRE III

## RÉSULTATS ET DISCUSSION

## 1. Etude de l'efficacité alimentaire

La qualité d'un aliment pour le poisson est en rapport avec sa qualité biochimique, microbiologique, organoleptique, zootechnique et son impact sur l'eau,

### 1.1. Caractères physiques de l'aliment

#### 1.1.1. La taille des particules

La taille des granulés doit s'adapter à la bouche des poissons pour qu'ils arrivent à les ingérer. Dans notre cas, les trois aliments fabriqués ( $Sp^+$ ,  $Sp^-$  et aliment amélioré) ont un diamètre de 4,5 mm (figure. 16), alors que l'aliment commercial a une granulométrie de 3,3 mm. Malheureusement, les quatre aliments ont un diamètre plus grand que celui de la bouche des alevins, ce qui a influencé négativement l'efficacité alimentaire par la difficulté de les ingérer par les alevins. Nous avons donc broyé les aliments pour les rendre plus facile à ingérer mais l'inconvénient une grande partie de l'aliment sera perdue dans l'eau.

D'après **Melcion (2000)**, En matière de granulométrie, les technologues ont des contraintes propres liées à l'efficacité des opérations de broyage / séparation mais aussi aux procédés en aval, comme l'homogénéisation et l'agglomération. Cependant, ils disposent d'outils puissants et pourtant très souples qui peuvent leur permettre d'adapter (grâce à un dialogue permanent avec les nutritionnistes) les appareils aux matières premières pour obtenir des caractéristiques granulométriques définies, en fonction des contraintes nutritionnelles ou comportementales demandées,



Figure 16 : Taille de l'aliment préparé

**1.1.2. Durabilité**

D'après les spécialistes en nutrition des poissons, Il est important que les aliments aient une bonne stabilité dans l'eau, afin qu'ils soient visibles par les poissons, cette stabilité dépend de la teneur des matières grasses dans l'aliment et son traitement à l'extrusion,

Les trois aliments fabriqués à base de quinoa résistent bien dans l'eau alors que l'aliment commercial qui est un aliment extrudé n'est pas stable dans l'eau, Nous pouvons expliquer ça par des erreurs de manipulation pendant la phase de l'extrusion ou à cause de la formule utilisée non maîtrisée, La stabilité de l'aliment est un critère très important d'un aliment pour poisson. L'instabilité impacte la dégradation de la qualité de l'eau en augmentant les concentrations des formes azotées et donc la mortalité des poissons,

Les trois aliments fabriqués ne s'écrasent pas facilement ce qui est confirmé par le test de durabilité, ils gardent leurs formes dans l'eau pour plusieurs heures à l'inverse de l'aliment commercial qui s'écrase facilement et se dégrade rapidement dans l'eau au bout de quelques minutes,

La figure 17 montre l'aliment commercial flottant sur la surface de l'aquarium mais qui se gonfle pour se dégrader rapidement dans l'eau,



**Figure 17 :** Instabilité de l'aliment commercial dans l'eau

### 1.1.3. Flottabilité

La flottabilité d'un aliment est un paramètre très important en nutrition du poisson. Il existe des espèces qui préfèrent des aliments flottants ou coulants, alors d'autres peuvent consommer les deux types à la fois, La flottabilité diminue la perte de l'aliment et contrôle la consommation de l'aliment par poisson. Pour Notre cas, les 3 aliments fabriqués à base de quinoa sont coulants quelques minutes après leur distribution aux alevins (figure. 18). L'aliment commercial est un aliment flottant dans l'eau, Nous avons remarqué que les alevins du tilapia se nourrissent du fond comme à la surface du l'aquarium,



**Figure 18 :** Test de flottabilité des aliments

### 1.1.4. Détérioration

Nos aliments ont été fabriqués depuis le mois de mars, et conservés dans des sacs et bocaux en verre, et jusqu'à la fin du mois de juin, ces aliments n'ont développé aucune forme de moisissures ni une mauvaise odeur ce qui montre que le séchage des trois aliments fabriqués à base de quinoa était bien appliqué par conséquent une bonne conservation des aliments sans être détériorés, Par contre, l'aliment commercial présente une mauvaise odeur qui pourra être la conséquence d'une mauvaise conservation de l'aliment, l'utilisation d'une farine de poisson d'une qualité microbiologique détériorée, ou des erreurs de manipulation pendant la phase de séchage. Nous précisons que la date de fabrication de l'aliment était en 2021.

### 1.1.5. Acceptabilité

Au début de l'expérience, les deux aliments à base de quinoa ( $SP^+$  ;  $SP^-$ ) avaient une faible acceptabilité par les alevins pendant un mois. De grandes quantités d'aliments étaient récupérées et pesées après chaque alimentation, Plus que la moitié de l'aliment n'était pas consommée par les alevins, ce qui a influencé négativement la croissance des poissons,

Après un mois, les alevins acceptent les deux aliments et la croissance a été améliorée, nous avons vérifié le reste de l'aliment quotidiennement, le refus des deux aliments au début peut

être expliqué par le goût amer de saponine qui se trouve dans le quinoa de même la digestibilité des ingrédients d'origine végétale est plus lente par rapport à ceux d'origine animale et aquatique. Après cette durée, l'acceptation des aliments (SP<sup>+</sup> ; SP<sup>-</sup>) par les alevins peut être expliquée par l'adaptation des alevins à ces aliments. Par contre les alevins ont accepté l'aliment amélioré malgré la présence de quinoa, ce qui peut être dû au taux de la farine de poissons incorporé dans cet aliment qui est le double de celui dans les aliments (SP<sup>+</sup> ; SP<sup>-</sup>)

L'aliment commercial a été acceptée ingéré par les poissons depuis le début de l'expérience, cela pourra s'expliquer par la quantité importante de la farine de poisson dans l'aliment commercial,

### 1.2. Analyse biochimique

Avant la phase de la fabrication des trois aliments [aliment 1, aliment 2, aliment 3], Nous avons pris en considération les besoins nutritionnels du *Tilapia Oreochromis*. Ces besoins seront utilisés pour l'énergie, la croissance et les métabolismes physiologiques de l'espèce ainsi ils ont une grande influence sur la qualité de la chair du poisson,

la nutrition des poissons ne diffère pas de celle des vertébrés terrestres, mais les poissons présentent cependant de nombreuses particularités nutritionnelles ou physiologiques, du caractère ectotherme(absence de thermorégulation) et ammoniotélique (excrétion des déchets azotés préférentiellement sous forme d'ammoniaque), des propriétés du milieu aquatique lui-même (flottaison, présence de minéraux dans l'eau), ainsi que de la nature des nutriments présents dans ce milieu (abondance des protéines, rareté des glucides),

La figure 19 résume la composition biochimique des 3 aliments. On observe une composition similaire pour les fibres, la matière sèche, les cendres et l'énergie digestible, Les 3 aliments varient en pourcentage de protéines et de lipides,

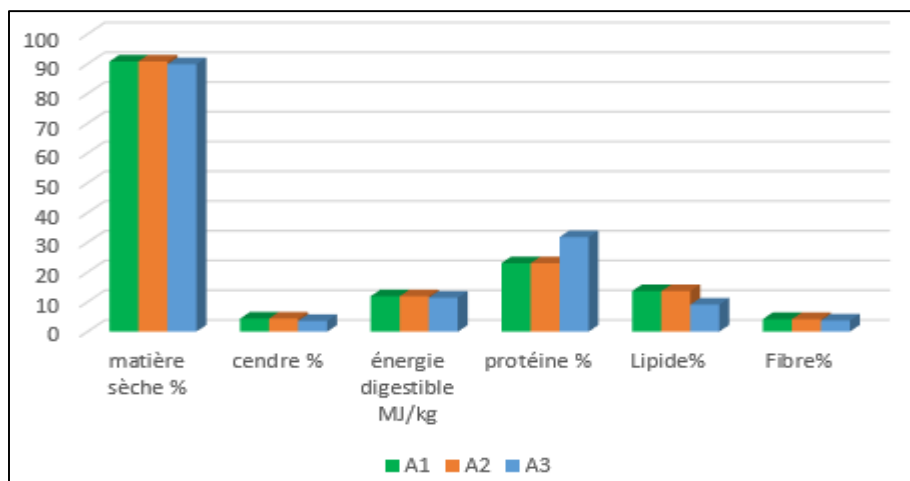


Figure 19 : Composition biochimique des 3 aliments

### 1.2.1. Protéines

Les taux des protéines totales sont présentés dans le tableau 9.

**Tableau 9 :** Les protéines totales

	protéines(%)
<b>Aliment 1</b>	23,02
<b>Aliment 2</b>	23,02
<b>Aliment 3</b>	31,78

D'après (NRC, 2011), les carpes et le tilapia sont plus efficaces pour produire de l'énergie à partir des glucides alimentaires donc ils ont besoin de moins de protéines et de lipides par rapport aux poissons carnivores (28 à 38 % de protéines), Les stades très jeunes nécessitent des contenus protéiques très élevés (de 40 à 55 % quelle que soit l'espèce de poisson), puis les besoins diminuent au fur et à mesure que le poisson grandit. **Jauncey et Ross (1982)** suggèrent un optimum de 40 % de protéines pour les alevins du tilapia pour une meilleure croissance et pour mieux couvrir les besoins en acides aminés, D'autres recherches recommandent un taux de protéines brutes de 25 à plus de 35 % (**De Silva et al., 1985**).

Les trois aliments formulés contiennent respectivement 23,02% de protéines pour (A1, A2) et 31,78% de protéines pour et A3 (aliment amélioré), Le pourcentage le plus élevé en protéines est celui de l'aliment (A3),

**Wang et al.,(1985)**, rapportent que la meilleure croissance d'alevins de *O.niloticus*(3 - 10 g) est réalisée avec un régime à 40 % de protéines,**Kaushiket al,(1993)** trouvent des valeurs proches de ces dernières : le maximum de croissance est obtenu avec un régime à 32 % de protéines brutes, Cet aliment est iso-protéique avec A3.**Azazaet al., (2005)** ont utilisé des aliments contenant 36% de protéines. Une étude a été effectuée sur l'élaboration des aliments secs pour *O. niloticus* par **Derouicheet al., en 2009** en Tunisie, a montré que les meilleurs taux de croissance et de transformation alimentaire ont été obtenus par les aliments contenant 20 et 30 % de farine de poisson avec des taux de conversion 1,71 et de 1,49.

Ces résultats indiquent que le taux de protéines dans les deux aliments formulés à base de quinoa est faible par rapport au seuil recommandé pour les alevins du tilapia, tandis que la formule améliorée répond aux besoins du tilapia en protéines.

### 1.2.2. Lipides totaux

Le résultat de l'analyse biochimique des lipides est représenté dans le tableau 10.

**Tableau 10** : Composition en lipides des 3 aliments

	Lipides (%)
<b>Aliment 1</b>	13,63
<b>Aliment 2</b>	13,63
<b>Aliment 3</b>	9,06

Le pourcentage le plus élevé en matière grasse est celui des aliments [A1, A2] avec un taux de 13,63% de lipides contre un taux de 9,06% de lipides dans l'aliment amélioré A3.

D'après (Corraze, 1999 ; Corraze et Kaushik, 2009), le tilapia a besoin de 10-15 % de lipides dans l'aliment. Actuellement, les aliments commerciaux contiennent des teneurs en lipides comprises entre 10 à 16 % pour les poissons d'étang, Il convient de retenir aussi que l'utilisation des aliments « haute énergie », riches en lipides, tend à favoriser l'engraissement des poissons, ce qui peut avoir des répercussions négatives sur la qualité des produits (Raphaëla et Simard, 2017). Nos résultats pour les lipides indiquent que nos aliments fabriqués couvrent les besoins en lipides de tilapia en particulier les alevins qui nécessitent selon Guillame *et al.*, (1999) une teneur en lipides de 6 à 12 %,

### 1.3. Paramètres zootechniques

Le tableau synthétique (11) résume les résultats obtenus pour les trois aliments testés :

**Tableau 11** : Performances zootechniques des différents aliments

	A3 amélioré	A1 Sp <sup>+</sup>	A2 SP <sup>-</sup>	A0 Témoin
<b>Nombre initial</b>	12	20	20	20
<b>Nombre final</b>	12	20	18	12
<b>Biomasse initiale</b>	91,56	107,6	104,6	97,9
<b>Biomasse finale</b>	193 ,3	207,2	182,7	139,13
<b>Poids moyenne initial</b>	8,47	5,38	5,23	4,89
<b>Poids moyenne final</b>	16,10	10,36	10,15	11,59
<b>Taux de survie</b>	100	100	90	60
<b>Gain de poids</b>	7,63	14,62	4,92	6,699
<b>Gain de quotidien</b>	1,831	1,276	1,001	1,874
<b>Taux de croissance spécifique</b>	1,28	0.84	0,41	2,90
<b>Indice de conversion</b>	2,996	4,115	5,121	3,855

Nous avons commencé l'expérience avec 3 aliments (A0, A1 et A2) pour étudier l'effet de saponines sur la croissance des alevins du tilapia en comparant nos résultats avec un

aliment commercial. Nous avons enregistré un taux de mortalité très élevé avec l'aliment commercial après quelques jours du début de l'expérience (taux de mortalité= 40%), à ce moment-là, on a fabriqué un autre aliment (A3) pour deux objectifs :

- Améliorer la formule de l'aliment à base de quinoa en augmentant le taux de la farine du poisson,
- Remplacer l'aliment commercial qui ne cesse de causer des mortalités des alevins.

Le taux de survie pour les aliments A1 et A3 était de 100%, aucune mortalité n'a été enregistrée dans ces deux aquariums, suivi par l'aliment A2 avec un taux de survie de 90% (taux de mortalité de 10% par faute de manipulation et de transport des alevins). Le taux de survie au niveau de l'aquarium nourri par l'aliment commercial (A0) était 60%. Nous avons expliqué les cas de mortalités par l'instabilité de l'aliment commercial dans l'eau, cet Aliment se dégrade rapidement en causant une pollution de l'eau malgré le renouvellement quotidien de l'eau de l'aquarium suite à des concentrations très élevées en formes azotés notamment en acide ammoniacal, en précisant que l'aliment commercial est très riche en farine de poisson (+60%), s'ajoute les erreurs de manipulation pendant l'extrusion.

**Mosha et al., (2020)** ont obtenu un taux de survie entre 99,51 et 99,78%. Un taux de survie de 65% a été obtenu en alimentant les alevins par un aliment composé de l'azolla (**Maity et Patra, 2008**). La digestibilité de l'azolla par le poisson n'est pas rapide, **Hundare (2018)** a obtenu un taux de survie de survie de (95.556±2.222%).

Le poids moyen initial était de  $P_m=5,15\pm 0,25$ g. 71 jours après, les alevins alimentés par A1 ont atteint un poids moyen final ( $P_{mf}=10,36$ g), pour les alevins nourris par A2 le  $P_{mf}=10,15$  g, pour l'aliment A3 un  $P_{mf}=16,10$ g en débutant par un  $P_{mi}=8,47$ g en 43 jours. Les alevins nourris par l'aliment commercial indiquent un  $P_{mf}=11,59$  g en 22 jours. Nous constatons que les poids moyens finaux obtenus par les deux aliments A1 et A2 sont presque identiques. Ces deux aliments sont issus de la même formule alimentaire, la seule différence est que l'aliment A1 est composé du quinoa sans rinçage alors que l'aliment A2 contient le quinoa après rinçage. Ce résultat nous indique aucun effet de saponine sur la croissance pondérale des alevins.

Le tableau 12 est une comparaison entre les aliments fabriqués dans notre présent travail avec d'autres travaux :



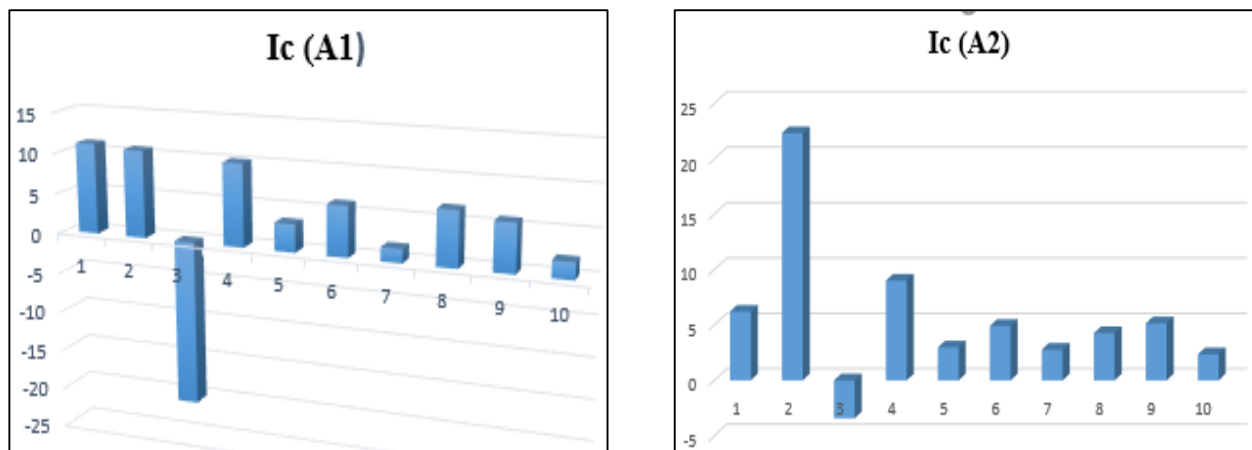
Tableau 12 : comparaison du poids moyen final et initial

	Pmi (g)	Pmf (g)	Durée (jours)
<b>Maity et Patra, 2008</b>	14	18	60
<b>Sissao <i>et al.</i>, 2019</b>	0,008	17,98	90
<b>Azazaet <i>al.</i>, 2005</b>	2,060	21,33	45
<b>Aliment A1 (2022)</b>	5,38	10,36	70
<b>Aliment A2 (2022)</b>	5,23	10,15	70

Les meilleures performances zootechniques sont obtenues avec l'aliment témoin A0, suivi de l'aliment amélioré A3, puis les deux aliments à base du quinoa (A1 et A2). Les résultats du taux de croissance spécifique pour les 4 aliments sont respectivement : de 2,90 %/j (A0), 1,28 %/j (A3), 0,84%/j (A1), 0,41%/j (A2). Ces résultats sont inférieure à ceux obtenus par **Richir (2004)**. **Azaza *et al* (2005)** avaient retrouvé des taux de croissance plus élevés que nos valeurs : 5,82 %/5,29 % malgré le taux de mortalité de 5,9 %. Nous précisons que les deux aliments à base de quinoa n'étaient pas acceptés par les alevins au premier mois de l'expérience, ce qui justifie les résultats obtenus. Après un mois nous avons observé une croissance rapide des alevins et une consommation totale des deux aliments avec augmentation du taux de croissance spécifique 2,72 %/j pour (A1) et 2,01%/j pour (A2). Ces résultats sont supérieurs à ceux obtenus par **Shaimmaa *et al.*, (2020)**. Le Tcs est de 0.88 et de 0.81 chez les poissons nourris avec régime complété avec des graines de quinoa de dose 10 % et 20 % respectivement.

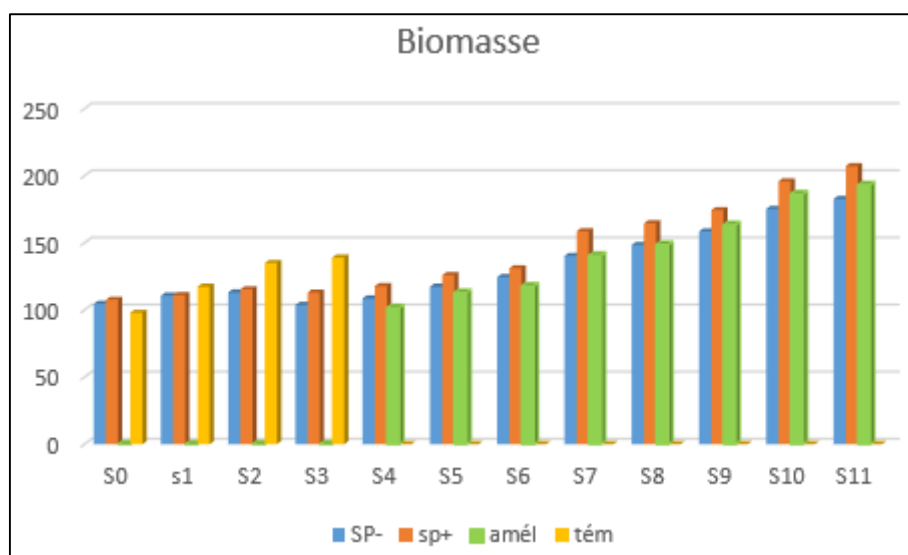
En parallèle, on a obtenu un indice de conversion alimentaire de 2,99 avec l'aliment amélioré. Cette valeur est supérieure à celles obtenues par **Fagbenro (2004)** qui variaient quant à eux entre 1,52 et 2,27. L'indice de conversion pour l'aliment commercial était 1,80, après les cas de mortalité a augmenté pour atteindre 3,85. De mauvais indices de conversion ont été obtenus par les aliments A1 et A2 au début de l'expérience suite au refus de l'aliment par les poissons. À la fin de l'expérience les indices de conversion obtenus pour les deux aliments sont : 5,12 pour l'aliment A2 et 4,11 pour A1 en tenant en compte les premiers résultats. Après l'acceptation des aliments, l'indice de conversion est devenu 2,04 pour A1 et 2,35 pour A2. On ajoute à l'acceptabilité de l'aliment et la granulométrie de ce dernier. Au début de l'expérience, le diamètre des deux aliments était plus grand que la bouche des alevins, ce paramètre a influencé la consommation de l'aliment par les alevins. La figure 20 représente

l'évolution de l'indice de conversion dans les deux aquariums nourris par les deux aliments à base de quinoa (A1 et A2).



**Figure 20 :** Evolution de l'indice de conversion des aliments A1 et A2 durant toute l'expérience

Nous ajoutons au goût amer du quinoa, la baisse de température ainsi des coupures d'électricité pour quelques jours, ce qui a empêché les poissons à consommer les aliments. La figure 21 montre les résultats de la biomasse montrant l'évolution de la biomasse durant notre expérience.



**Figure 21 :** évolution de la biomasse

La croissance ponderale la plus élevée a été obtenue avec l'aliment A0 au début de l'expérience, dès la 04 semaine la biomasse a diminuée à cause des cas de mortalités. à la fin

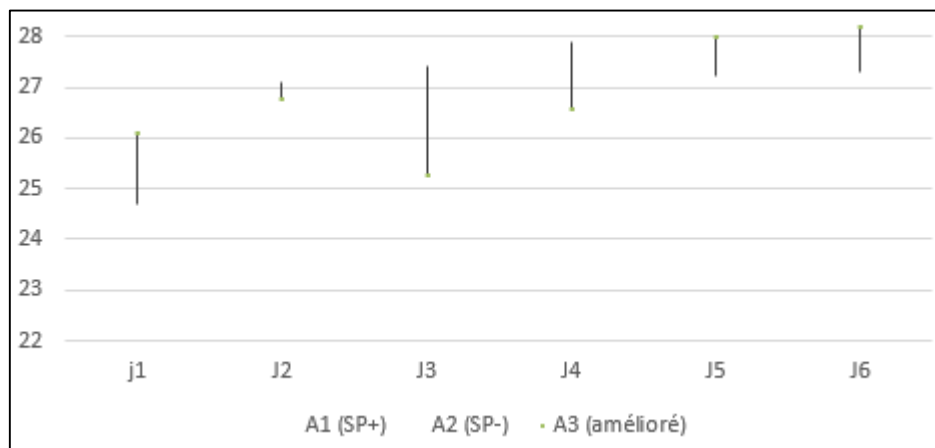
de l'expérience, les valeurs de la biomasse les plus élevées ont été obtenues par l'aliment A1 puis l'aliment amélioré A3.

#### 1.4. Étude d'impact des aliments testés sur la qualité des eaux d'élevage

La qualité d'un aliment comprend également son impact sur la qualité des eaux. Nous avons suivi l'effet des 3 aliments sur la qualité physicochimique des eaux.

##### 1.4.1. Température

Les variations de la température de l'eau dans les trois aquariums oscille entre 25 et 28 °C (figure.22). Ces valeurs sont dans les gammes de valeurs optimales recommandées pour l'élevage du tilapia. Selon la **FAO (2013)**, Les températures létales inférieures et supérieures pour ce poisson sont de 11-12 °C et 42 °C respectivement, alors que les températures optimales varient entre 31 et 36 °C.



**Figure. 22 :** Variations de la température dans les différents aquariums

##### 1.4.2. pH

Les variations du pH dans tous les aquariums sont comprises entre 7,2 et 8,16 (figure. 23). Ces valeurs se situent bien dans les limites optimales pour la croissance du tilapia. En effet, une bonne croissance du tilapia est obtenue à un pH compris entre 7 et 9 **Pouomogne (1998)**, **Kestemontet al., (1989)** ont rapporté que le tilapia peut vivre dans les eaux à pH compris entre 5 et 11. Aussi, les valeurs non adéquates de pH peuvent influencer l'état physiologique des poissons, et donc leur croissance. De plus, elles peuvent conduire à la mort du poisson, particulièrement durant les stades de développement les plus précoces (**Malcolm et al., 2000**).

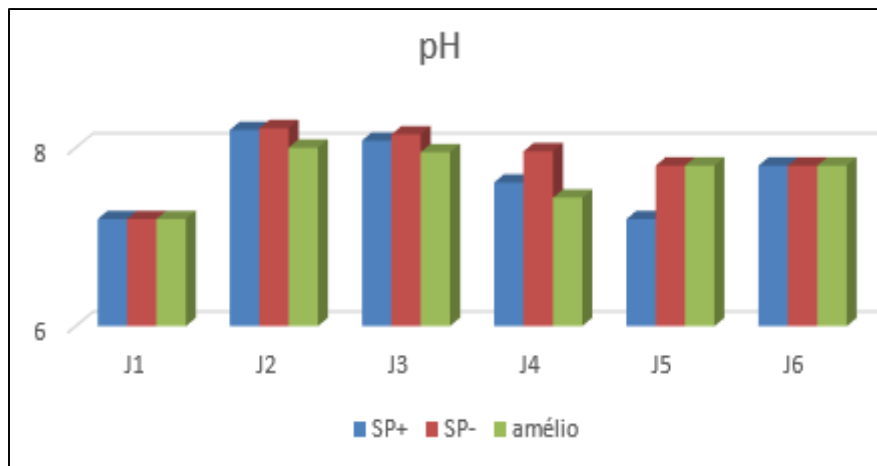


Figure 23 : Variations du pH dans les 3 aquariums

### 1.4.3. Sels nutritifs

Les déchets azotés solubles sont excrétés par les branchies et l'urée sous deux formes principales  $\text{NH}_4^+\text{NH}_3$  à (85%) et urée (25%) (Barnabé, 1989). Cette excrétion est en fonction de la température, de la taille des poissons, de la concentration de l'ammoniaque dans le milieu et de la qualité de l'aliment (degré de digestibilité des protéines). Cependant, en élevage intensif, les concentrations de ces substances doivent être maintenues inférieure au seuil critique de cette espèce.

Les variations des concentrations moyennes en matières azotées (ammonium, nitrites et nitrates) et les phosphates, montrent qu'il y a une différence entre ces derniers avant et après distribution de l'aliments. Les différentes concentrations ne sont pas nuisibles vu qu'elles n'ont pas causé des mortalités. Donc, nos aliments ne dégradent pas la qualité de l'eau au bout de 5 jours sans changement ou renouvellement de l'eau.

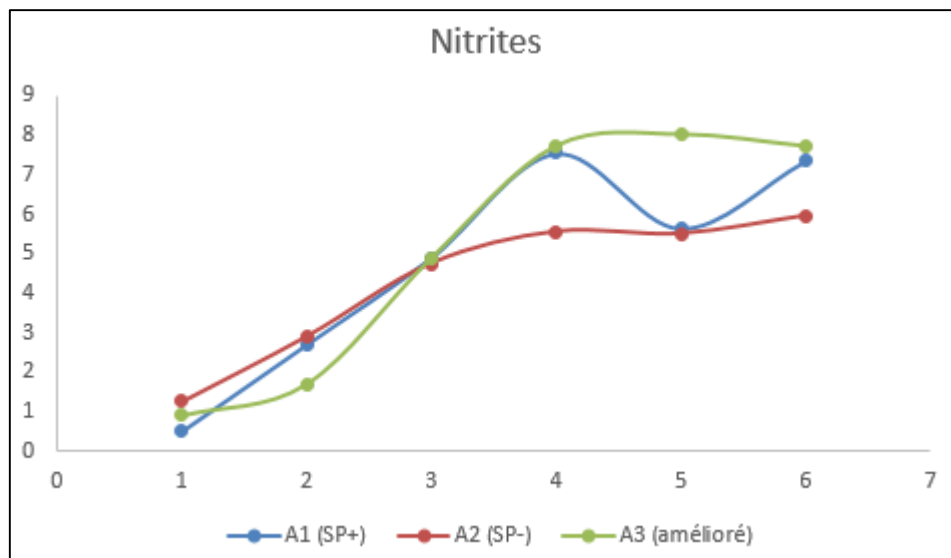
#### 1.4.3.1. Nitrites

Le nitrite est un intermédiaire dans l'oxydation de l'ammonium en nitrate et donc c'est la deuxième forme toxique après l'ammonium. Un taux élevé de nitrite provoque la transformation d'hémoglobine en méthémoglobine qui ne transporte pas l'oxygène par le sang, il peut donc provoquer une anoxie chez les poissons (Lewis et Morris, 1986 ; Jensen, 2003).

Au début de l'expérience, les concentrations de nitrites varient de  $0,88 \pm 0,38$  (mg/l) pour arriver à la fin de l'expérience à des concentrations plus élevées  $7,02 \pm 0,95$  (mg/l) (figure. 24). L'application de l'Anova à un seul facteur, nous a indiqué l'absence d'une différence significative des nitrites dans les 3 aquariums ( $F=0,1554$ ,  $p\text{value}= 0,85$ ).

D'après (Malcom *et al.*, 2000), la sécrétion d'ammoniaque se transforme à l'aide des bactéries Nitrosomas et nitrobacter en nitrate (Ahmed *et al.*, 2015). Cette situation expliquerait les fortes concentrations en nitrite dans l'eau d'élevage.

Nous avons ajouté l'azolla pour étudier son effet dépolluant mais les alevins l'ont consommé complètement et nous avons remarqué une légère augmentation des nitrites.



**Figure 24 :** Evolution des concentrations des nitrites selon chaque aliment

#### 1.4.3.2. Ammoniaque

L'ammoniaque est un produit d'excrétion des poissons téléostéens dont tilapia et a une certaine valeur, il est nocif pour les poissons (Arrigon, 2000). L'ammoniaque est le principal déchet du métabolisme azoté excrété par des poissons. Cette spécificité est liée à un métabolisme particulier, qui permet au tilapia de tirer un excellent profit énergétique de la dégradation des protéines de leur alimentation.

Les résultats des analyses montrent que les valeurs obtenues au niveau des aquariums à la fin de l'expérience sont supérieures au seuil critique de survie d'*Oreochromis*, qui doit être inférieur à 0.1 mg/l (Suresh, 2003). Nous expliquons cette augmentation des concentrations de l'ammoniac par l'utilisation des protéines des aliments par les alevins, les excréments des poissons et le reste des aliments. Les poissons ont utilisé l'azolla comme aliment, ce qui explique l'élévation des concentrations de l'ammoniac. L'application de l'Anova à un seul facteur, nous a indiqué l'absence d'une différence significative au niveau des concentrations de l'ammoniac dans les 3 aquariums ( $F=0,33$ ,  $pvalue= 0,72$ ). Les concentrations en ammoniac étaient plus élevées dans l'aquarium nourri par l'aliment A1, suivi par l'aliment A2, pour l'aliment A3 les concentrations étaient en pic à la fin de l'expérience (figure. 25). Nous avons

interprété ce résultat par la charge des aquariums en poisson et donc par la quantité d'aliment distribué qui dépend de la biomasse.

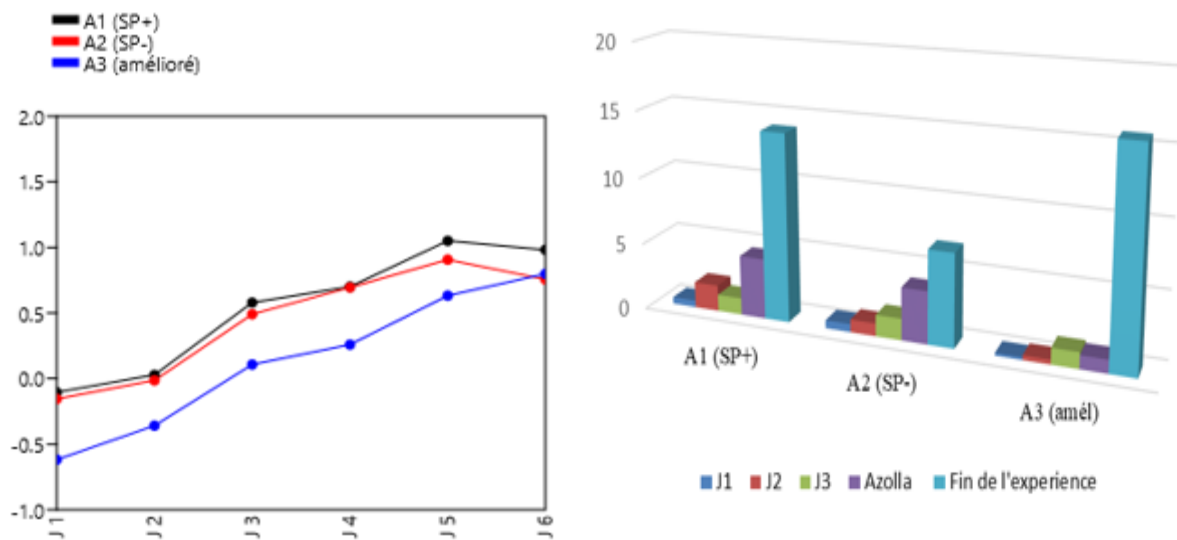


Figure 25 : Variations de l'ammoniaque dans les 3 aquariums.

### 1.4.3.3. Phosphates

Les phosphates sont des éléments nutritifs essentiels et indispensables au métabolisme énergétique de toute cellule vivante. Ces composés chimiques font partie comme les nitrates du cycle final de la décomposition des déchets. L'accumulation excessive de phosphates devrait être évitée, même s'ils ne sont pas toxiques pour les poissons.

Durant notre expérience la concentration de phosphate est supérieure au seuil recommandé pour l'élevage de tilapia de 0.1 à 0.2 mg de PO<sub>4</sub> /l. Les concentrations de phosphates sont passées de 0,31±0,01 mg/l au début de l'expérience à 0,78±0,25 à la fin de l'expérience.

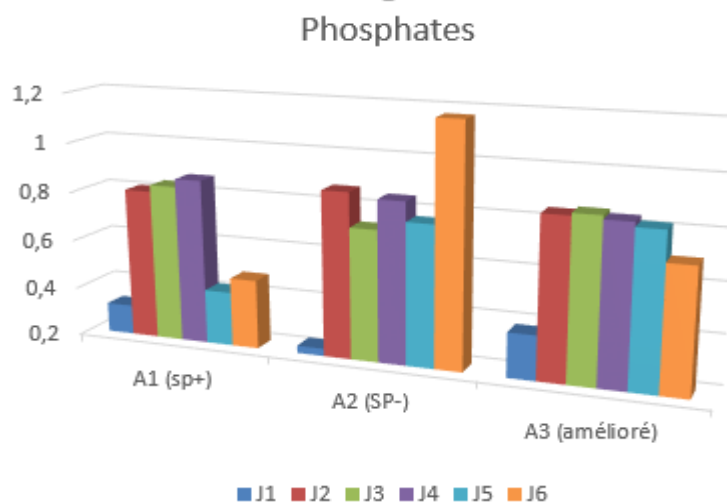


Figure 26 : Variations de phosphate.

1.5. Analyse statistique

1.5.1. Test de corrélation

Nous avons appliqué le test de corrélation pour avoir une idée sur la relation entre les différents sels (tableau 13). De fortes corrélations positives ont été enregistrées entre les variations de l’ammoniac et les variations des nitrites (0,72) et entre les phosphates et les nitrites (0,85). Une corrélation moyenne est remarquée entre les phosphates et l’ammoniac (0,43).

Tableau 13 : corrélation entre les paramètres physicochimiques

<b>ammoniac</b>	1		
<b>Nitrites</b>	0,72	1	
<b>phosphates</b>	0,43	0,85	1
	<b>ammoniac</b>	<b>nitrites</b>	<b>phosphates</b>

1.5.2. Analyse en composantes principales

Nous avons appliqué une analyse en composantes principales pour avoir une idée sur les interactions entre les paramètres zootechniques et l’efficacité des 3 aliments. La projection des variables sur les deux plans nous a montré une forte relation entre les différents paramètres d’efficacité alimentaire (figure. 27). Le gain du poids moyen, le taux de croissance spécifique, le gain du poids quotidien, et le taux de survie s’évaluent dans le même sens et inversement avec l’indice de conversion.

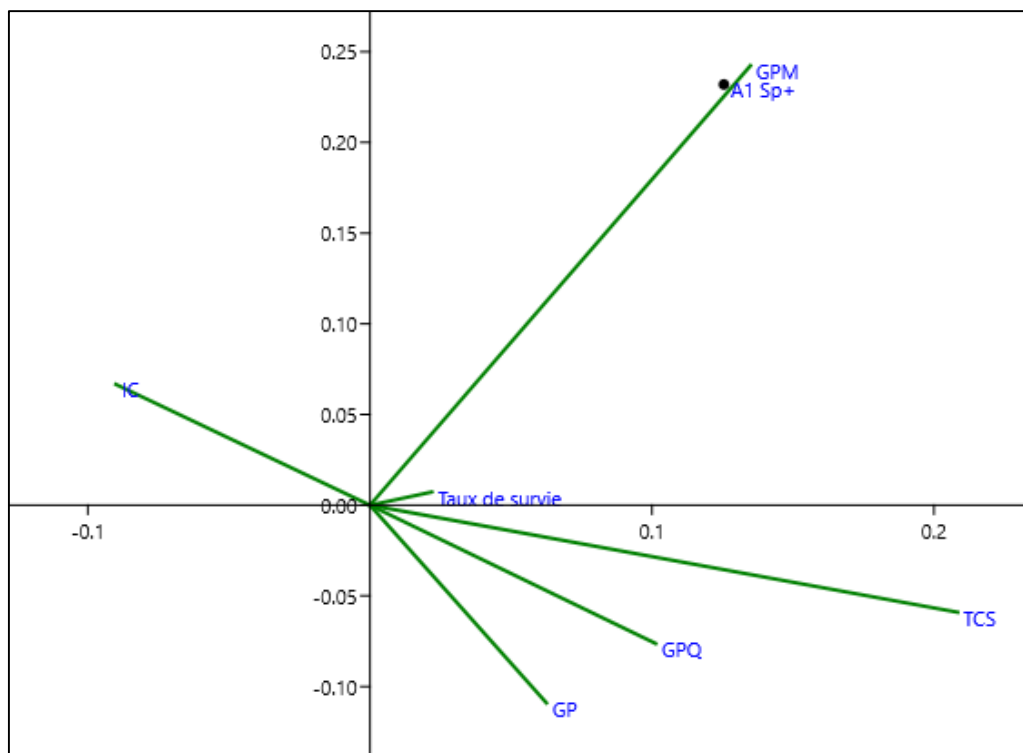


Figure 27 : projection des variables zootechniques sur les deux plans de l’ACP (100%)

### 1.6. Relation biométrique

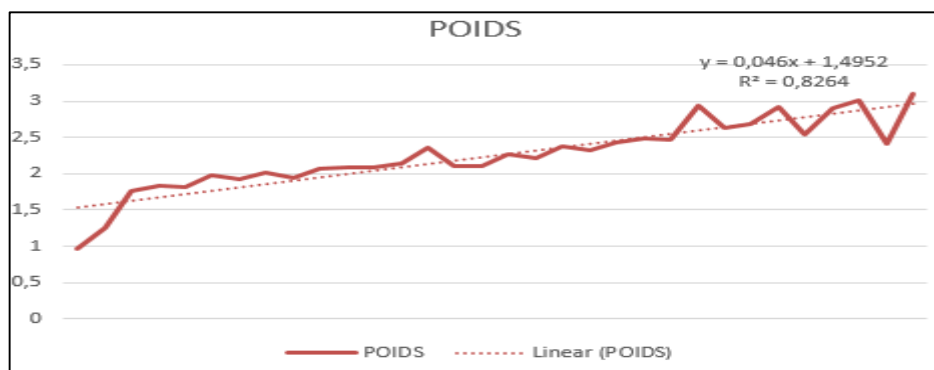
Nous avons pesé et mesuré les alevins pour déterminer le type de la relation taille-poids en fonction des 3 aliments formulés. Les résultats de cette étude sont mentionnés dans le tableau 14.

**Tableau 14 : Equations des relations biométriques**

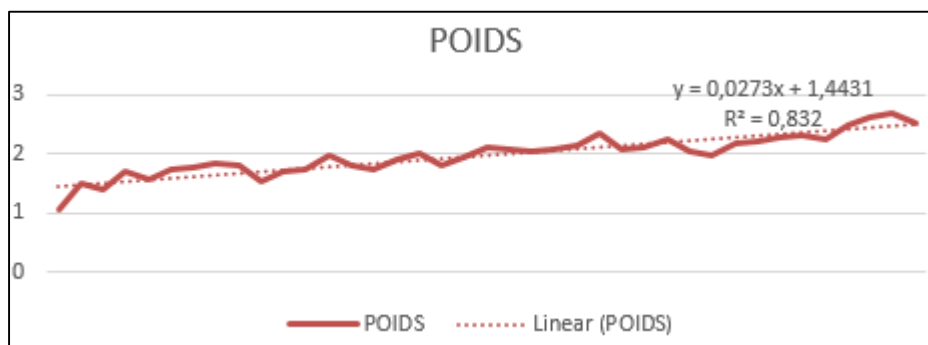
	<b>a</b>	<b>b</b>	<b>R<sup>2</sup></b>
<b>A1 (SP+)</b>	0,027	1,44	0,83
<b>A2 (SP-)</b>	0,04	1,21	0,78
<b>A3 (AMELIORE)</b>	0,05	1,49	0,82

D'après les résultats obtenus, nous déterminons une relation allométrique minorante. Les alevins croient en taille plus vite qu'en poids. Nos résultats sont identiques à ceux obtenus par **Hickley et Bailey (1986)** et (**Alliouche**) 2010.

Au début de notre expérience, les alevins n'ont pas consommé les deux aliments, ce qui a causé une baisse de leurs poids, à l'inverse de la taille (figure. 28 et 29).



**Figure 28** : relation (taille-poids) dans l'aquarium 3



**Figure 29** : relation (taille-poids) dans l'aquarium 1



**CONCLUSION**

## Conclusion

---

Ce travail a été réalisé pour connaître l'impact de l'incorporation de quinoa sur la croissance des alevins de tilapia du Nil et la qualité de l'eau ainsi une comparaison des aliments fabriqués à base de quinoa par rapport à un aliment commercial.

D'après notre étude, il en ressort les constatations suivantes :

- Les trois aliments fabriqués (sp<sup>+</sup>, sp<sup>-</sup>, amélioré) présentent une stabilité remarquable dans l'eau par rapport à l'aliment commercial qui n'était pas stable dans l'eau.
- Les aliments à base de protéines animales (aliment commercial et l'aliment A3) montrent une meilleure acceptabilité par les alevins en comparant avec les aliments à base de quinoa (A1 et A2). Les alevins ont accepté les aliments à base de quinoa après presque 1 mois d'expérience.
- Les trois aliments fabriqués (A1, A2 et A3) étaient coulants alors que l'aliment commercial était flottant dans l'eau.
- Les 3 aliments fabriqués n'ont pas affecté la qualité des eaux dans les différents aquariums. La température a joué un rôle important dans l'alimentation et la croissance des alevins ; Nous avons remarqué que la consommation de l'aliment par les alevins diminue à des températures basses jusqu'à un arrêt d'alimentation. Ce résultat était confirmé par la quantité d'aliments restante. Les concentrations en sels nutritifs n'étaient pas nuisibles pour les alevins.
- Les meilleures performances zootechniques sont obtenues avec l'aliment amélioré A3 suivi par l'aliment A1 et A2 : Le taux de survie pour les aliments A1 et A3 était de 100%, aucune mortalité n'a été enregistrée dans ces deux aquariums, suivi par l'aliment A2 avec un taux de survie de 90%, et 60% pour l'aliment commercial. Le poids moyen initial était de  $P_m=5,15\pm 0,25g$ , à la fin de l'expérience les différents poids pour chaque aliment étaient :  $P_{mf}=10,36g$  pour A1,  $P_{mf}=10,15g$  pour A2, et  $P_{mf}=16,10g$  pour A3 et  $P_{mf}=11,59g$  pour l'aliment commercial. Les résultats du taux de croissance spécifique pour les 4 aliments sont respectivement : de 2,90 %/j (A0), 1,28 %/j (A3), 0,84%/j (A1), 0,41 %/j (A2). Les valeurs de l'indice de conversion obtenues pour chaque aliment sont respectivement : 2,04 pour A1, 2,35 pour A2 et 2,99 pour A3.
- L'acceptabilité de l'azolla par les alevins était bonne.

## *Conclusion*

---

- La quantité de saponines dans le quinoa n'était pas létale pour les alevins.

En perspectives, nous recommandons de faire l'extraction de saponines de quinoa et de les incorporer à différentes concentrations pour mieux étudier l'effet de saponine. Nous recommandons également d'ajuster la granulométrie de l'aliment à la taille des poissons.

# RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Abi-ayad S.M.E.A, 1998.-** Etude expérimentale de la biologie de la reproduction de la perche fluviatile (*Perca fluviatilis*). Effet de la composition en acide gras de la série (n-3) de l'alimentation des géniteurs sur la qualité des œufs et des larves. Thèse de doctorat. Université de Liège, 147pp.
- **Ahmadi N., Baroiller J-F., D'Cotta H., Morillon R., 2015.** -Adaptation à la salinité. In : Torquebiau E. *Changement climatique et agricultures du monde*. Collection Agricultures et défis du monde, Cirad-AFD. Editions Quae, pp : 50-62.
- **Alliouche, F, 2010.-** Efficience de certains aliments sur la biomasse du Tilapia de Nil « *Oreochromis niloticus* » au niveau de l'animalerie. Mémoire de magister, USTHB. Algérie.
- **Arrignon J., 2002.-** Pisciculture en eau douce : Le tilapia. Collection Le technicien de l'agriculture tropicale. Edition Maisonneuve et Larose (Paris, France) :125p.
- **Arrignon, J.-1994.-** livre pisciculture d'eau douce :le tilapia .Maisonneuve & lorose .P 27
- **Avila-Ruiz, L.G.U., Navarrete, M.A., Janssen, M.M, Boekel, M.A., Stieger, G.S., Marlon, M.W, 2016.-** Quinoa protein : Nutritious protein from a indigenous and sustainable plant. Poster session presented at IPOP Conference Protein for life, Ede, Netherlands.
- **Azaza, M. S., Mensi, F., Abdelwaheb, A., & Kraiem, M, 2005.-**Elaboration d'aliments secs pour Tilapia du Nil *Oreochromis niloticus* (L., 1758) en élevage dans les eaux géothermales du sud tunisien (PDF Download Available). Bull. Inst. Natn. Scien. Tech. Mer de Salammbô, 32, 23-30.
- **Bhargava A, Shukla S, Ohri D,2006.-** Chenopodium quinoa—an Indian perspective. Industrial.
- **Boubaiche.y., 2016.-**Essai de comportement de trois variétés de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd) dans la région de Biskra. Mémoire de Master. Université Mohamed Khider .Biskra, p:11.
- **Cheroual, E.A.,2019.** –Les altérations alimentaires. Département de pharmacie. Cours hydro-bromatologie. Sétif
- **Chiara. C., Camilla. M., Bianca. M., Cinzia. S., Eugenio.S., 2013.-**Quinoa in the kitchen. Ed; G. Canale et C. Spa, Borgaro Torpinèse (Turin). Italie, 95 P.

- **Corraze et Kaushik, 2009.-** Alimentation lipidique et remplacement des huiles de poisson par des huiles végétales en pisciculture, Cahiers Agricultures, 2009, Vol. 18, p. 112-118.
- **De Silva S.S. et Perera M.K., 1985.-** Effects of dietary protein level on growth, food conversion, and protein use in young *Tilapia nilotica* at four salinities. Trans. Am. Fish. Soc., 583-589.
- **Del-Castillo, C., Mahy G, Winkel T., 2008.-** Le quinoa en Bolivie: une culture ancestrale devenue culture de rente “ bio-équitable ”. Biotechnol. Agron. Soc. Environ. Bolivie .12(4): 421-435.
- **Dergal, N. B., Abi-Ayad S. M. E. A., Degand G., Douny C., Brose F., Daube G., Rodrigues A., Scippo M. L. (2013)** Microbial, biochemical and sensorial quality assessment of Algerian farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) stored at 4 and 30°C. African Journal of Food Science. Vol. 7(12), pp. 498-507.
- **Derouiche, E., Azaza, M.S., Kraiem, M.M., 2009.-** Essai d’acclimatation du tilapia du Nil « *Oreochromis niloticus* » dans la retenue du barrage Lebna (Cap Bon, Tunisie Descripteurs pour le quinoa et ses espèces sauvages apparentées , Ed; Club des services agroenvironnementaux de l’Outaouais. Québec, Canada.
- **Fagbenro, O. A. et Fasakin, E. A. 1996.-** Citric-acid-ensiled poultry viscera as protein supplement for catfish (*Clarias gariepinus*). Bioresource Technology, 58: 13-16.
- **FAO,2022.-** *Oreochromis niloticus*. Programme d'information sur les espèces aquatiques cultivées. Texte de Rakocy, JE. Division des pêches et de l'aquaculture. Rome.
- **FAO,2018.-**Résumé des besoins en nutriments du tilapia du Nil, *Oreochromis niloticus* (en % des aliments secs sauf mention contraire) et utilisation (protéines, acides aminés essentiels, lipides, acides gras essentiels et énergie).
- **FOA,2016.-**FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2016, FAOSTAT Database, FAO. ([www.fao.org/faostat](http://www.fao.org/faostat)).
- **FAO, 2015.-** IFAD and WFP. 2015. The State of Food Insecurity in the World 2015. Meeting the 2015 international hunger targets: taking stock of uneven progress. Rome.
- **FAO, 2013. -**Food Outlook; Biannual Report on Global Food Markets. June 2013. Ed; FAO Rome. Italie. P 61.
- **FAO, 2013.-**Quinoa et ses espèces sauvages apparentées. Bolivie. N° 538, pp:3-38.
- **FAO, 2011.-** Quinoa: an ancient crop to contribute to world food security.

- **FAO, 2010.-** "Disponívelem:< <http://faostat.fao.org/site/567/default.aspx# ancor>>." Acessado em setembro.
- **FAO, 2009.-** *Oreochromis niloticus*. In Cultured aquatic species fact sheets. Text by Rakocy, J. E. Edited and compiled by Valerio Crespi and Michael New. CD-ROM (multilingual).
- **FAO, 1989.-** La situation mondiale de l'alimentation et de l'agriculture (1985-88).
- **Galwey N.W., Leakey C.L.A., Price K.R., Fenwick G.R. 1990.-** Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). Food Sci. Nutr., 42F(4), 245-261.
- **Galwey, N.1995.-** Quinoa and relatives. Evolution of crop plants, Longman, Harlow, UK: 41-46 ; -Bhargava A, Shukla S, Ohri D (2006a) *Chenopodium quinoa*—an Indian perspective. Industrial.
- **Gandarillas H., Botánica. In : Tapia M.E., Alandia S., Cardozo A., Mujica A., Ortiz R., 1979.-** La quinua y la kañiwa: cultivos andinos. Bogotá, Colombia, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA), 20-44.
- **Gandemer G, 1997.-** lipids in muscles and adipose tissues , changes during processing and sensory properties of meat products .Meat science,67:309-321.
- **Giri, S. S., Sahoo, S. K., Sahu, A. K. et Mukhopadhyay, P. K. 2000.-** Growth, feed utilisation and carcass composition of catfish *Clarias batrachus* (Linn.) fingerlings fed on dried fish and chicken viscera incorporated diets. Aquaculture Research, 31: 767-771.
- **Guillaume J., Kaushik S., Bergot P., Metailler R., 1999.** Nutrition et alimentation des poissons et crustacés. INRA Éditions., 489 p.
- **Hickley, P., et Bailey, R.G .,1986.-** Fish communities in the perennial wetland of the Sudd, southern Sudan. Freshwater Biology 16(5):695 - 709
- **Hundare, S.K., Pathan, D.I., Ranadive, A.B.,2018.-** Use of Fermented Azolla in Diet of Tilapia Fry (*Oreochromis niloticus*). International Journal of Bio-resource and Stress Management 2018, 9(6):702-706
- **Jauncey, K. et Ross, B., 1982.-** A guide to tilapia feeds and feeding. Institute of Aquaculture, University of Stirling, Scotland. 111 p.
- **Jensen, F.B.,2003.-** Nitrite disrupts multiple physiological functions in aquatic animals Comparative Biochemistry and physiology, Part A, 135.pp :9-24.

- **Jyoti G., Chanu H. 2018.-** Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) – The forgotten golden grain. International journal of food and nutritional sciences. Vol. 7 N°1, <http://www.ijfans.com/currentissue.php>.
- **Kaushik S. J., Doudet T., Medale F., Aguirre P. Blanc D., 1993.-** Estimation of protein and energy needs for maintenance and growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) using different criteria. In : Proceedings Abstracts EIFAC Workshop on Methodology for Determination of Nutrient Requirements in fish, 29 June-1 July 1993, Eichenau, Germany, p. 19.
- **Kestemont P, Micha J .C et Fauter U., 1989.-** les méthodes de production d'alevins de *Tilapia nilotica*. ADCP /REP/89/46, PNUD-FAO, Rome, 132p.
- **Koziol, M. 1992.-** Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *J. Food Compos. Anal.*, 5(1), 35-68.
- **Lazard, J., 1984.-** L'élevage de tilapia en Afrique, données techniques sur la pisciculture en étang. Bois et forêt des tropiques, 206, France, 3-50.
- **Maity, J., Patra, B.C., 2008.-** Effect of replacement of fishmeal by Azolla leaf meal on growth, food utilization, pancreatic protease activity and RNA/DNA ratio in the fingerlings of *Labeo rohita* . *Can.J.Pure Appl.Sci.* 2 (2), 323-333.
- **Malcon, C., Beverid, J.E.H. McAndrew, B.J., 2000.-** Tilapias : biologie and exploitation. Institut of aquaculture. Université of sterling, Scotland, kluwer académie Publisher : 105 p.
- **Médale, F., Lefevre, F. Corraze, G , 2003.-** Caractéristiques nutritionnelles des poissons et facteurs de variations . cahier de Nutrition et Diététique. 38 :3744
- **Medale, P., 2005. -**  $\beta$ -oxydation des acides gras dans le foie et le muscle de la truite arc-en-ciel nourrie avec des aliments à base d'huile de poisson ou d'huile végétales . 10<sup>ème</sup> Journées. D'animation scientifique du département de physiologie animale et systèmes d'Élevage 15\_16 mars Tours ; France, p .197.
- **Melcion J.P., 2000 .-** la granulométrie de l'aliment : principe, mesure et obtention INRA produit. Animale., 13 :81-97
- **MOORE. F, 2017.-** Développement de la culture de quinoa en Outaouais.
- **Mosha , S.S, Felix, S., Manikandavelu, D., Felix, N., Samuel Moses, T.L.S. Menaga., M., 2020.-** Effect of Dietary Mixture Containing Azolla and *Spirulina Platensis* on Physiological, Metabolic, Immunological and Histological Performance of GIFT Tilapia (*Oreochromis niloticus*) Cultured in Lined Ponds. *Advances in Oceanography & Marine Biology*. volume (2) issue (1)



- **Mujica, Á., Izquierdo, J., Marathee, J. P., Capítulo, I. 2001.**-Origen y descripción de la Quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): Ancestral cultivo andino, alimento del presente y futuro. Editores. Mujica, A., Jacobsen, SE, Izquierdo, J., Marathee, JP). FAO, UNA, Puno, CIP. Santiago de Chile, 9-29.
- **Nagai, M et Ikeda, S., 1971.**- Carbohydrate metabolism in fish. II. Effect of dietary composition on metabolism of glucose-6 in carp. Bull. Jap. Soc. Science. Fish.,
- **New, M. B., 1987.**- Feed and feeding of shrimp and fish. Aquac. Develop. And Coord. Prog., UNEP-FAO, ADCP/REP/87/26, FAO, Rome 274 p.
- **NRC, 2011.**- Nutrient requirements of fish and shrimp. Aquaculture international 20(3)
- **Pouomogne V., 1994.** L'alimentation du tilapia (*Oreochromis niloticus*) en étang. Evaluation du potentiel de quelques sous-produits de l'industrie agro-alimentaire et modalités d'apport des aliments. Thèse doctorale ENSAR
- **Quillet E., Guillon, S. ; Aubin, J., Fauconneau, B., 2005.**- two-way selection for muscle lipid content in pan-size rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). Aquaculture 245:49\_61.
- **Ranson, S., 2003.**- L'alimentation de la Carpe commune (*Cyprinus carpio*) dans son biotope et en élevage. Doctorat vétérinaire, la faculté de médecine de Créteil, école nationale vétérinaire d'Alfort.
- **Raphaëla, L.G., et Simard, F., 2017.**- Durabilité des aliments pour le poisson en aquaculture : Réflexions et recommandations sur les aspects technologiques, économiques, sociaux et environnementaux. Guide pour le développement durable de l'aquaculture. ISBN : 978-2-8317-1831-6
- **Richir J., 2004.**- La valorisation des sous-produits agro-industriels dans l'alimentation du poisson-chat africain, *Clarias gariepinus*, au Rwanda. Mémoire licence, RWANDA. 31- 44p.
- **Shaimaa A. A. Ahmed, 1., Ghada, I. Abd El-Rahmane., Amany Behairy., Rasha R. Beheiry., Basma M. Hendam., Faisal M. Alsubaie 6 and Samah R. Khalil 7. 2020.**- Influence of Feeding Quinoa (*Chenopodium quinoa*) Seeds and Prickly Pear Fruit (*Opuntia ficus indica*) Peel on the Immune Response and Resistance to Aeromonas Infection in Nile Tilapia (*Oreochromis niloticus*).
- **Sissao. R., D'Cotta, H., Baroiller J.F., Toguyeni, A., 2019.**- Mismatches between the genetic and phenotypic sex in the wild Kou population of Nile tilapia *Oreochromis niloticus*. PeerJ, 7:e7709, 26 p.

- **Stikic, R., Jovanovic, Z., Marjanovic, M., Dordevic, S., 2015.-** The effect of drought on water regime and growth of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.). Ratarstvo I Povrtarstvo 52 (2):80-84.
- **Suresh, V., 2003.-** Tilapia. In J S.Lucas and P .C .Southgate, eds.Aquaculture : Farming Aquatic Animals and Plants .Blackwell Publishing, Oxford, UK. pp : 321-345.
- **Valencia, R.R.C., et Serna, L.A., 2011.-** Quinoa (*Chenopodium quinoa*, Willd) as a source of dietary fiber and other functional components. Food Science and Technology. 31(1): 225-230.
- **Wang, K., Takechi, T., Watanabe, W., 1985.-** Effect of dietary protein levels on growth of *Tilapia nilotica*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51, 133-140. Optimum protein and digestible energy levels in diets for *Tilapia nilotica*. Bull. Jap. Soc. Sci. Fish., 51, 141-146.
- **Wood, D et Lister,D., 1973 .** lipids and fatty acids composition ,J.Sci Food Agric 24:1449.
- **WWW.Bioversity international.org. 2022**
- **www.vulgarisation .net** Le quinoa : Une culture introduite des Andes. **2022**